Machine Translated by Google

ResearchGate

Consulte las discusiones, las estadísticas y los perfiles de los autores de esta publicación en: https://www.researchgate.net/publication/342184562

Interfaces cerebro-computadora: aplicaciones tácticas militares en Estados Unidos y sus implicaciones

Informe técnico · Junio 2020

CITAS
2

LECTURAS
2.401

3 autores, entre ellos:

R. Timothy Marler
Corporación RAND
110 PUBLICACIONES 8,035 CITAS
VER PERFIL

Anika Locke, una joven de 18 años
Corporación RAND
2 PUBLICACIONES 2 CITAS
VER PERFIL

Todo el contenido que sigue a esta página fue subido por R. Timothy Marler el 27 de agosto de 2020.

El usuario ha solicitado la mejora del archivo descargado.

Machine Translated by Google

SECURITY 2040

CEREBRO-COMPUTADORA INTERFACES

APLICACIONES E IMPLICACIONES MILITARES DE EE.UU.

UNA EVALUACIÓN INICIAL

ANIKA BINNENDIJK

TIMOTEO MARLER

Elizabeth M. Bartels

RAND CORPORATION

Machine Translated by Google

Diseño de portada: Peter Soriano

Imagen de portada: Adobe Stock/Prostock-studio

Derechos limitados de impresión y distribución electrónica

Este documento y las marcas registradas que contiene están protegidos por la ley. Esta representación de la propiedad intelectual de RAND se proporciona únicamente para uso no comercial. Se prohíbe la publicación no autorizada de esta publicación en línea. Se otorga permiso para duplicar este documento únicamente para uso personal, siempre que no se altere y esté completo. Se requiere el permiso de RAND para reproducir o reutilizar en otra forma cualquiera de nuestros documentos de investigación para uso comercial. Para obtener información sobre permisos de reimpresión y enlaces, visite www.rand.org/pubs/permissions.html.

Las publicaciones de RAND no necesariamente reflejan las opiniones de sus clientes y patrocinadores de investigación. R® es una marca registrada.

Para obtener más información sobre esta publicación,
visite www.rand.org/t/RR2996.

Los datos de catalogación en publicación de la Biblioteca del Congreso están disponibles para esta publicación.

ISBN: 978-1-9774-0523-4

© Derechos de autor 2020 Corporación RAND

Machine Translated by Google

Resumen

La interfaz cerebro-computadora (BCI, por sus siglas en inglés) representa un área emergente y potencialmente disruptiva de la tecnología que, hasta la fecha, ha recibido un debate público mínimo en las comunidades de políticas de defensa y seguridad nacional. Esta investigación consideró áreas clave en las que las futuras tecnologías BCI podrían ser relevantes para los combatientes del mañana. Buscó explorar el valor operativo de los desarrollos actuales y futuros en materia de comunicación neuronal hombre-máquina, las vulnerabilidades y riesgos asociados y las herramientas de política que deberían estar en marcha antes de que se implemente la tecnología.

El proyecto se basó en revisiones de tecnología relevante. El juego se basó en literatura técnica y de seguridad y en debates con expertos en la materia para desarrollar un juego que se llevaría a cabo en julio de 2018 y que reuniría a expertos técnicos y operativos. El juego puso a prueba la utilidad potencial de una "caja de herramientas BCI" funcional frente a dos viñetas de operaciones urbanas tácticas futuras. Los resultados del juego indicaron que es probable que las tecnologías BCI tengan un uso práctico en un futuro campo de batalla, en particular a medida que se intensifiquen el ritmo y el volumen de la interacción hombre-máquina. En las viñetas, los participantes anticiparon que las capacidades BCI podrían mejorar la velocidad de la comunicación, mejorar la conciencia situacional común y permitir a los operadores controlar múltiples plataformas tecnológicas simultáneamente. Los participantes señalaron que la utilidad pragmática de cada capacidad BCI dependería en gran medida de su fidelidad y fiabilidad durante el combate. De las capacidades evaluadas en el juego, la comunicación directa de cerebro a cerebro facilitada por BCI parecía ofrecer las aplicaciones más transformadoras para el uso operativo, pero también conllevaba los riesgos institucionales y operativos más significativos.

Nuestro análisis también exploró posibles áreas de riesgo asociadas con el desarrollo y la aplicación de capacidades de combate BCI. Como sucede con muchos nuevos desarrollos tecnológicos, la BCI puede crear nuevas vulnerabilidades operativas militares, nuevas áreas de riesgo ético y legal, e implicaciones potencialmente profundas para las estructuras organizacionales militares existentes. En particular, el informe destaca las posibles vulnerabilidades operativas asociadas con el desarrollo y la adopción de tecnologías BCI por parte del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD), incluido el potencial de nuevas puntos de falla, acceso del adversario a nueva información y nuevas áreas de exposición al daño o vías de influencia de los miembros del servicio. También destaca las vulnerabilidades institucionales que pueden surgir, incluidos los desafíos relacionados con un déficit de confianza en las tecnologías BCI, así como la posible erosión de la cohesión de la unidad, el liderazgo de la unidad y otras relaciones militares interpersonales críticas. Finalmente, consideramos las posibles responsabilidades éticas y legales futuras del gobierno de los EE. UU. hacia un operador individual de BCI, así como las implicaciones que las tecnologías BCI podrían tener sobre las responsabilidades éticas y legales de ese individuo. Estas consideraciones deben incorporarse a los esfuerzos de investigación y desarrollo (I+D) en las primeras etapas del proceso y pueden justificar un mecanismo de supervisión dedicado a todo el departamento a medida que las tecnologías continúan madurando.

En general, nuestros hallazgos sugieren que, a medida que las fuerzas armadas de los EE. UU. incorporan cada vez más inteligencia artificial (IA) y sistemas semiautónomos en sus operaciones, la BCI podría ofrecer un medio importante para expandir y mejorar el trabajo en equipo entre humanos y máquinas. Sin embargo, será necesario tomar precauciones para mitigar las vulnerabilidades de las operaciones e instituciones del Departamento de Defensa y para reducir los posibles riesgos éticos y legales asociados con el desarrollo y la adopción de tecnologías BCI por parte del Departamento de Defensa. En concreto, recomendamos que el Departamento de Defensa

- ampliar el análisis para iluminar las operaciones Relevancia y riesgos. Esta investigación desarrolló un enfoque sistemático para evaluar las posibles aplicaciones operativas de la BCI combinando la experiencia operativa con la experiencia tecnológica e incorporando un equipo creativo y disruptivo de expertos de RAND Corporation. Nuevos enfoques analíticos como este podrían complementar los ejercicios internos existentes para ayudar a garantizar que las necesidades y los riesgos operativos, en lugar de las oportunidades técnicas, impulsen el desarrollo de la BCI e identifiquen nuevas amenazas adversarias. • abordar el déficit de confianza. El juego y

  Una investigación asociada destacó hasta qué punto es probable que las barreras culturales para la BCI, en particular entre los miembros de las fuerzas de infantería, sean altas. Las barreras de confianza podrían mitigarse mediante una investigación y pruebas exhaustivas en

Machine Translated by Google

escenarios no combativos, introducción a miembros del servicio que ya dependen de tecnologías de máquinas y un enfoque inicial en medidas no invasivas y aplicaciones médicas.

- colaborar y anticiparse. Nuestra investigación destacó ejemplos en los que la financiación inicial del Departamento de Defensa dio lugar a avances exitosos en materia de BCI y ejemplos de innovación emergente en el sector privado. Cuando sea posible, la colaboración futura podría aprovechar los avances del sector privado en beneficio de las fuerzas armadas de los EE. UU. y, si se lleva a cabo con cuidado, podría mejorar las brechas de confianza dentro de las fuerzas armadas. A medida que el mercado comercial desarrolle tecnologías de BCI, esto ayudará a establecer sus capacidades y deficiencias. Aunque las aplicaciones de BCI todavía se encuentran en la fase de investigación básica, el desarrollo de otras tecnologías por parte de las fuerzas armadas, incluida la robótica, la inteligencia artificial y el análisis de big data, deberá considerar la disponibilidad eventual de BCI.
- Planificar con antelación las implicaciones institucionales. A medida que el gobierno de los Estados Unidos se prepara para incorporar tecnologías BCI a las capacidades militares futuras, necesitará innovaciones institucionales para abordar nuevas cuestiones éticas y de políticas en cada etapa del proceso, desde la investigación y el desarrollo hasta la aplicación operativa y la atención a los veteranos.

Abreviaturas

AI	inteligencia artificial
ARL	Laboratorio de investigación del ejército
ICC	interfaz cerebro-computadora
IMC	interfaz cerebro-máquina
CEREBRO	La investigación del cerebro a través del avance Neurotecnologías innovadoras
Llamada a la acción de Can	Cognición y neuroergonomía Alianza tecnológica colaborativa
[illegible]	Investigación avanzada de defensa Agencia de Proyectos
DNI	interfaz neuronal directa
Departamento de Defensa	Departamento de Defensa de Estados Unidos
EEG	electroencefalograma
¡Qué extraño!	guerra electrónica
FDA	Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos
HCI	interacción hombre-computadora
Internet de las cosas	Internet de las cosas
MMI	Interfaz mente-máquina
Boca	Operaciones militares en territorio urbano
N3	No quirúrgico de próxima generación Neurotecnología
[illegible]	interfaz de control neuronal
NESD	Diseño de sistemas de ingeniería neuronal
NIH	Institutos Nacionales de Salud
OODA	observar, orientar, decidir, actuar
Investigación y desarrollo	Investigación y desarrollo
transducción de señales digitales	corriente continua transcraneal estímulo
TNT	Entrenamiento específico en neuroplasticidad
TTX	ejercicio de mesa

Introducción

Los 86 mil millones de neuronas del cerebro humano representan la principal ventaja evolutiva de la humanidad y, tal vez, un área de potencial sin explotar. Actualmente, nuestros cerebros interactúan con el mundo a través de nuestros cuerpos, enviando corrientes eléctricas a través del sistema nervioso para vocalizar con nuestras bocas, escribir (o deslizar) con nuestros dedos o movernos bípedamente por el espacio. ¿Qué sucederá cuando los cerebros humanos se liberen de sus confines corporales y puedan controlar máquinas directamente? Los avances neurotecnológicos ya han dado a los cuadripléjicos la capacidad de realizar operaciones básicas en un simulador F-35 con sus pensamientos1 y han dado a los científicos la capacidad de decodificar el habla que los sujetos están imaginando en sus mentes, aunque de manera imperfecta. Con el tiempo, nuestro cerebro físico se convertirá en un ser humano.

Machine Translated by Google

Los cuerpos podrían convertirse en una restricción que podría evitarse con neurotecnología apropiada.2 Los medios técnicos para esta derivación cerebro-cuerpo son las BCI, definidas como métodos y sistemas para proporcionar una vía de comunicación directa entre un cerebro mejorado o cableado y un dispositivo externo, con un flujo de información bidireccional (entre el cerebro y un dispositivo).3 Su impacto potencial es amplio y de largo alcance, y las políticas sobre cómo desarrollar y gestionar dicha tecnología deben ser proactivas, no reactivas.

La tecnología BCI está avanzando. Este progreso Destaca la necesidad de evaluar las aplicaciones actuales y potenciales, y de asegurar que la tecnología responda a las necesidades reales además de a las intenciones de los desarrolladores. A medida que la BCI pasa de la investigación básica a aplicaciones más operativas y comerciales, será importante dedicar una atención temprana a las implicaciones más amplias, para considerar qué políticas y directrices podrían maximizar sus beneficios y mitigar las posibles desventajas. El desarrollo de tecnologías como la IA, el análisis de datos y la robótica ha acaparado los titulares y fomentado el debate público sobre los posibles beneficios y riesgos. Hasta el momento, se ha desarrollado una conversación comparable limitada sobre la BCI. En comparación con otras tecnologías emergentes prominentes, la BCI es relativamente inmadura; pocas capacidades se han implementado comercialmente. Sin embargo, tiene el potencial de ser no menos influyente. Con profundas implicaciones potenciales en campos que van desde la defensa y la seguridad nacional hasta la salud y el bienestar, la BCI puede representar una tecnología altamente disruptiva que, hasta la fecha, ha recibido un análisis insuficiente.

Este informe ofrece una evaluación inicial de lo que aplicaciones viables que puede tener la BCI en las operaciones militares de EE. UU. y qué riesgos y vulnerabilidades pueden estar asociados con su desarrollo y despliegue.
Los autores describen el estado actual de la técnica y las posibles áreas de desarrollo y crecimiento tecnológico para aplicaciones militares de BCI e investigan cuestiones clave asociadas con el uso de las capacidades de BCI en un escenario de combate futuro. Fundamentalmente, nos preguntamos: (1) ¿cuál es la importancia operativa potencial de los desarrollos actuales y futuros en materia de BCI? y (2) ¿cuáles son las consideraciones políticas necesarias para una gestión eficaz de la tecnología con una comprensión de su impacto potencial en el avión de combate del futuro?

Trabajo en equipo entre humanos y máquinas

La investigación considera la BCI en el contexto del futuro previsto de la guerra, incluido el aumento de la colaboración entre humanos y máquinas. El análisis parte de la premisa de que la colaboración entre humanos y máquinas desempeñará un papel importante en el combate futuro y que la BCI puede proporcionar una ventaja competitiva en la guerra futura.
El ex subsecretario de Defensa Robert Work, quien dirigió el tercer offset del Departamento de Defensa, un catalizador para el desarrollo de tecnología del sector de defensa centrado en el trabajo en equipo hombre-máquina, resumió las tendencias de la tecnología militar de la siguiente manera:

> La moneda de cambio durante la Guerra Fría eran las brigadas blindadas, las brigadas de infantería mecanizada, los batallones de sistemas de lanzamiento múltiple de cohetes, los batallones de artillería autopropulsada, los escuadrones de cazas tácticos, entre otros. Ahora, la moneda de cambio serán las máquinas de aprendizaje y las colaboraciones entre humanos y máquinas, que permiten que las máquinas permitan a los humanos tomar mejores decisiones; operaciones humanas asistidas, lo que significa llevar el poder de la red al individuo; trabajo en equipo entre humanos y máquinas; y la red autónoma.4

Si bien los esfuerzos de I+D del Departamento de Defensa incluyen muchas dimensiones de la tecnología, ciertos aspectos son particularmente relevantes para el trabajo potencial con BCI. En particular, hay un enfoque creciente en la colaboración hombre-máquina para mejorar la toma de decisiones, incluyendo la interacción hombre-máquina (HCI) y el trabajo en equipo cognitivo, operaciones asistidas por humanos y trabajo en equipo avanzado de combate tripulado y no tripulado.5 Los funcionarios de defensa que discuten el modelo “centauro” (equipos colaborativos humanos y de IA) han destacado las ventajas relativas de la fuerza laboral civil y militar de los EE. UU. en el desarrollo y operación de tecnologías de trabajo en equipo hombre-máquina.6 Las tecnologías de trabajo en equipo hombre-máquina que aprovechan eficazmente las fortalezas culturales únicas del combatiente estadounidense, incluyendo el pensamiento crítico y la resolución creativa de problemas, representan un área de particular valor para el futuro ejército de los EE. UU.7

Los programas de desarrollo tecnológico dentro del Departamento de Defensa se han centrado en la colaboración entre humanos y máquinas.8 De hecho, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa

Machine Translated by Google

En última instancia, los humanos y las máquinas podrían colaborar cognitivamente y sin problemas: pensar juntos.

(DARPA) ha sugerido que “los sistemas inteligentes tendrán un impacto significativo en la forma en que nuestras tropas operarán en el futuro, y ahora es el momento de pensar en cómo será realmente el trabajo en equipo entre humanos y máquinas y cómo podría lograrse…”9

Los futuros avances en el trabajo en equipo entre humanos y máquinas tienen el potencial de generar debates de largo alcance sobre políticas de defensa.10 Los avances tecnológicos, como la BCI, que permiten a los humanos conectarse cada vez más de cerca con las máquinas en el campo de batalla, pueden producir cambios estratégicos y operativos fundamentales dentro de cada una de las ramas de servicio de los EE. UU. y, sin duda, plantearán cuestiones éticas y organizativas en toda la comunidad de defensa de ese país.

Por lo tanto, mientras el Departamento de Defensa persigue una visión de futuro para la colaboración entre humanos y máquinas, una planificación ambiciosa debería dar lugar a debates sobre políticas de defensa de alcance similar.11

En preparación para un mundo futuro en el que los equipos hombre-máquina representen la “moneda de cambio”, el Departamento de Defensa ya ha invertido en el desarrollo de tecnologías que permitan al cerebro humano comunicarse directamente con las máquinas, incluido el desarrollo de interfaces neuronales implantables capaces de transferir datos entre el cerebro humano y el mundo digital. 12 En el futuro campo de batalla, los pensamientos humanos bien podrían canalizarse a un software de IA o a robots, y la información podría transferirse de los sensores y las máquinas directamente al cerebro humano. 13 En última instancia, los humanos y las máquinas podrían colaborar cognitivamente y sin problemas, para pensar juntos.

Acercarse

Este análisis está estructurado para explorar las implicaciones operativas de la tecnología BCI. Es un proceso piloto repetible para explorar sistemáticamente la relevancia y las implicaciones de las tecnologías emergentes en el contexto de las operaciones militares. La correlación de las capacidades tecnológicas con las aplicaciones prácticas (y la comprensión no solo del estado del arte sino también del estado de los usos prácticos) puede presentar un desafío significativo para las evaluaciones de la tecnología emergente.

Nuestro proceso aborda ese desafío analizando la tecnología en capacidades operativamente relevantes, probando su relevancia operativa con un ejercicio teórico y luego explorando las implicaciones, los riesgos y las estrategias de mitigación de riesgos. El proceso se detalla de la siguiente manera:

1. A través de una revisión de la literatura y discusiones con expertos en la materia, resumimos la tecnología e identificamos áreas clave de esfuerzo de desarrollo.

2. Se utilizan temas específicos del desarrollo tecnológico como catalizador de debates con expertos militares para identificar posibles aplicaciones militares en el teatro de operaciones.

3. Agregamos los resultados del análisis sobre el desarrollo tecnológico y la relevancia operativa para proporcionar una evaluación general de si la BCI podría ser potencialmente valiosa en un entorno militar y, de ser así, de qué manera. Este hallazgo preliminar se convierte en la guía general para un TTX.

4. Con base en los aspectos técnicos y operativos
   A partir de las evaluaciones, obtenemos un conjunto de capacidades BCI proyectadas: una futura caja de herramientas BCI.
5. La caja de herramientas BCI se utiliza en un juego de mesa basado en escenarios ejemplares que implican operaciones urbanas tácticas. Este juego explora más extensamente la viabilidad y la relevancia previstas de la BCI en el teatro de operaciones.

6. A lo largo de este proceso, exploramos las vulnerabilidades, los riesgos y las estrategias de mitigación de riesgos asociados con las BCI en tres dimensiones: tecnológica, institucional y legal/ética.

Machine Translated by Google

Resumen de la tecnología

Introducción

Aunque una revisión exhaustiva del campo de la BCI quedaría fuera del alcance del informe, y aunque la literatura sobre el tema es lo suficientemente extensa como para sustentar manuales,14 sociedades especializadas15 y revistas especializadas16, esta sección destaca trabajos, temas y organizaciones destacados para informar la evaluación de posibles aplicaciones militares. Al recurrir a literatura técnica y popular, así como a debates con expertos en la materia, segmentamos el tema en áreas de trabajo distintas, aclarando qué implica exactamente la BCI y qué tipo de investigación está activa. La sección termina con un análisis de las futuras aplicaciones militares.

tendencias y direcciones potenciales y resume los principales desafíos y riesgos técnicos.

Si bien adoptamos el término BCI en función de su prevalencia en la literatura, se utilizan diversos términos relacionados para describir capacidades similares: interfaz de control neuronal (NCI), interfaz mente-máquina (MMI), interfaz neuronal directa (DNI) e interfaz cerebro-máquina (BMI).

Aunque existe cierto debate sobre la naturaleza precisa de las señales que se transmiten dentro del cerebro humano, las BCI generalmente implican el monitoreo o la modificación de esas señales.17 Diferentes herramientas BCI permiten a los usuarios acceder y utilizar estas señales con distintos niveles de precisión e invasividad. En resumen, una BCI permite una comunicación bidireccional entre un

cerebro y un dispositivo externo, y hay una amplia gama de trabajos en curso sobre este tema. En este contexto, bidireccional generalmente incluye lectura y retroalimentación neuronal directa y escritura neuronal directa.

Como lo refleja la definición antes mencionada y, según los términos alternativos, el enfoque se centra a menudo en la colaboración entre humanos y máquinas, lo que se alinea con las necesidades derivadas de las tendencias en la guerra. En la práctica, la BCI proporciona un mecanismo para combinar las fortalezas humanas y las fortalezas de las computadoras, y gran parte del trabajo en curso se esfuerza por vincular estos dos conjuntos de capacidades y generar ventajas sinérgicas. La eficiencia de la interfaz entre humanos y máquinas, ya sea

Facilitar la comunicación mediante pantallas, texto u otra forma es un factor importante para permitir

Los humanos pueden gestionar sistemas e información cada vez más complejos. La BCI puede mejorar esa eficiencia.

Aunque la colaboración entre humanos y máquinas puede ser útil, es sólo un subconjunto de las aplicaciones de las BCI. La literatura sobre la investigación y el desarrollo en curso y las posibles aplicaciones va más allá de la colaboración entre humanos y máquinas, y las BCI no sólo necesitan vincular a humanos y máquinas para aportar valor. En términos más generales, las BCI proporcionan un método para conectarse con el cerebro humano. Proporcionan más datos. Esta conexión puede vincularse a una máquina, a un software, a otro humano o simplemente a un sistema de salida para su evaluación. De hecho, aunque la colaboración entre humanos y máquinas sigue siendo una piedra angular del desarrollo de tecnología para la guerra, las ventajas más amplias de las BCI apuntan no sólo a la integración de humanos y máquinas, sino al aprovechamiento de las capacidades humanas en general.

Revisar

Aunque la importancia práctica de la BCI se ha hecho más visible recientemente, se ha estado trabajando en este campo durante casi un siglo. De hecho, el trabajo con el primer electroencefalograma (EEG) humano, un dispositivo para rastrear y registrar patrones de ondas cerebrales, se publicó en 1929.18 Jacques Vidal acuñó el término interfaz cerebro-computadora en 1973, y la investigación en este campo ha continuado desde entonces.19

El trabajo con BCI tiende a caer en lo siguiente:

categorías de investigación, que proporcionan un marco para nuestras investigaciones sobre relevancia operativa y capacidades aplicadas en las secciones siguientes:

- transferencia de datos desde el cerebro
- control directo del sistema
- prótesis y tratamiento de parálisis
- IA acoplada corticalmente (para entrenamiento o ejecución) Sistemas de IA)
- transferencia de datos al cerebro y de cerebro a cerebro comunicación.

Cada uno de estos temas se puede segmentar aún más en Trabajos que involucran sistemas invasivos y no invasivos. Los sistemas invasivos implican la implantación de dispositivos electrónicos debajo del cráneo humano, dentro del cerebro.

La cirugía permite a los médicos colocar el implante exactamente donde se desea para monitorear conjuntos precisos de neuronas que gobiernan funciones neurológicas específicas, pero

Machine Translated by Google

Los sistemas no invasivos también conllevan riesgos para la salud. Por otra parte, los sistemas no invasivos se colocan fuera del cráneo. Si bien esto reduce el riesgo para el usuario, el cráneo actúa esencialmente como un filtro y amortigua la señal eléctrica.20 Las señales captadas por los electrodos externos son menos claras y es más difícil determinar qué neuronas se están activando.

Un esfuerzo clave para impulsar la mayoría de estos temas ha sido la iniciativa Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN) de los Institutos Nacionales de Salud (NIH). Este esfuerzo está ampliamente dirigido a “revolucionar nuestra comprensión del cerebro humano”. 21 Los socios de BRAIN incluyen la Fundación Nacional de Ciencias, DARPA, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) y la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Inteligencia (IARPA), así como fundaciones, institutos, universidades e industrias. Los NIH asignaron 46 millones de dólares en 2014 y 81,4 millones en 2015, lo que refleja el creciente interés en el tema. 22 En total, DARPA ha invertido “cientos de millones de dólares” en la transición de la neurociencia a la neurotecnología desde principios de la década de 2000. 23

En lo que respecta al tema de la transferencia de datos desde el ser humano, un objetivo primordial es evaluar el rendimiento cognitivo. Para ello, el Laboratorio de Investigación del Ejército (ARL) está utilizando la impresión 3D para crear cascos que se ajusten perfectamente a cada usuario y luego incorporen sensores de EEG para monitorear la actividad cerebral.24 La Fuerza Aérea también está trabajando en un sistema integral de monitoreo cognitivo basado en cámaras integrado en el casco de un piloto para monitorear la carga de trabajo cognitivo y el estrés.25 Los cascos pueden adaptar las pantallas en función de las condiciones físicas y mentales únicas del piloto. Una investigación independiente patrocinada por el ARL ha investigado soluciones de aprendizaje profundo para predecir estados de somnolencia y alerta en función de las lecturas de EEG, y los equipos patrocinados por DARPA han probado implantes cerebrales de "circuito cerrado" que utilizan algoritmos para detectar patrones asociados con trastornos del estado de ánimo.26 Los dispositivos BCI para monitorear el rendimiento e incluso los picos emocionales relacionados con la depresión, la ansiedad o la ira son cada vez más frecuentes en China, donde se utilizan en fábricas, transporte público, empresas estatales y el ejército.27

En relación con los sistemas para extraer datos del cerebro humano para su evaluación, se encuentran los métodos de control directo del sistema, mediante los cuales los usuarios controlan las máquinas de forma inalámbrica con la actividad cerebral. En un estudio muy publicitado Por ejemplo, DARPA, APL y la Universidad de Pittsburgh utilizaron un implante BCI para permitir que una mujer cuadripléjica operara simuladores de vuelo.28 Los investigadores también han corregido errores de robots mediante mediciones no invasivas de señales EEG.29

Otros proyectos de investigación se centran en el control de drones. Con financiación de la DARPA y del ejército de Estados Unidos, los investigadores del laboratorio de Robótica y Control Orientados al Ser Humano permiten a un usuario controlar un enjambre de drones.30 Los investigadores del laboratorio sugieren que la tecnología podría utilizarse prácticamente en el ámbito militar en un plazo de cinco a diez años. Las aplicaciones también incluyen la prestación de ayuda médica, la búsqueda y el rescate y la exploración, todo ello en entornos remotos o inaccesibles. Por último, utilizando hardware comercial, los investigadores de la Universidad de Florida han construido y demostrado el uso de un sistema de bajo coste capaz de controlar de forma inalámbrica pequeños drones comunes.31

Más allá de las aplicaciones militares, el sector de la salud ha avanzado mucho en el control directo de las BCI, especialmente en lo que respecta a los sistemas invasivos. Un trabajo en la Universidad de Stanford permite a los pacientes parapléjicos controlar un ratón y un programa informático con sus pensamientos.32 El Dr. Krishna Shenoy, uno de los investigadores principales, sugiere que “llegará el día –dentro de cinco años, no de diez– en que un sistema inalámbrico totalmente implantado y autocalibrado pueda utilizarse sin la asistencia de un cuidador, no tenga ningún impacto estético y pueda utilizarse las veinticuatro horas del día”.33

La integración de prótesis, que es esencialmente Un subconjunto del trabajo con control directo de sistemas tiene aplicaciones directas en el sector de la atención de la salud. Gran parte de este trabajo implica sistemas invasivos, principalmente debido a la necesidad de apuntar a conjuntos específicos de neuronas con una precisión relativamente alta. Tal vez la prótesis más compleja, conceptualmente, sea la médula espinal. Los investigadores han utilizado electrodos para reconectar la corteza motora y la médula espinal en monos y ratas, restaurando la capacidad de caminar.34 La Universidad Case Western Reserve utilizó un procedimiento similar, llamado estimulación eléctrica funcional, para permitir el movimiento de brazos y manos evitando la médula espinal e induciendo directamente la estimulación muscular.35 Como parte del programa Revolutionizing Prosthetics, DARPA y APL han realizado investigaciones sobre manos y brazos protésicos habilitados con BCI que utilizan microestimulación intracortical para proporcionar retroalimentación al usuario (directamente al cerebro) y

Machine Translated by Google

evocar sensaciones que el usuario percibía como provenientes de su propia mano.36 APL amplió este trabajo para estudiar cómo los usuarios de BCI podían interpretar la microestimulación intracortical artificial externa, incluso si el tipo de información que se proporcionaba variaba de lo que una región cerebral normalmente habría estado procesando. Luego utilizaron este enfoque para proporcionar a un usuario de BCI información de navegación desde un avión Mooney Bravo simulado.37

Los datos (o información) de un cerebro humano pueden

No solo se puede utilizar para informar a las herramientas de evaluación o para impulsar sistemas, sino también para informar al software con IA acoplada corticalmente. En lugar de utilizar señales cerebrales para controlar una computadora o un sistema, un "sistema informático acoplado corticalmente detecta de manera oportunista el estado cerebral, capturando el cálculo implícito o explícito de un usuario y luego comunica esta información a un sistema informático tradicional a través de una interfaz neuronal". 38

Esta información puede ayudar a entrenar un sistema de IA. Este uso de la BCI representa un nivel elevado de trabajo en equipo entre humanos y máquinas, que permite a un humano pensar con una máquina (o un ordenador) o, más específicamente, integrar pensamientos o datos humanos en un proceso llevado a cabo por una máquina. La interacción BCI en tiempo real podría anular el requisito actual de códigos informáticos predeterminados para transferir información, abordando uno de los principales cuellos de botella de la integración tradicional entre humanos y máquinas.39 Este trabajo en equipo es de particular interés para los miembros de la comunidad de IA que están explorando métodos y enfoques para gestionar y "controlar" la IA. La BCI puede ser capaz de proporcionar esta herramienta. Elon Musk, el fundador de Neuralink, una empresa relativamente nueva centrada en la integración de humanos con IA, sugiere: "Alguna interfaz de alto ancho de banda con el cerebro será algo que ayude a lograr una simbiosis entre la inteligencia humana y la de la máquina y tal vez resuelva el problema del control y el problema de la utilidad… ".40

Además de la extracción de datos de la

Además de la capacidad de implantar o transferir información al cerebro, también se está investigando la posibilidad de hacerlo. Un desafío importante para lograr un control eficiente del sistema y de la prótesis es la retroalimentación al usuario, que proporciona información sobre el sistema que se está controlando.

Aunque los pacientes en un entorno de laboratorio pueden ser capaces de controlar una mano protésica utilizando una BCI, por ejemplo, no necesariamente se darán cuenta de dónde está su mano.

Las corrientes directas transcraneales no invasivas se pueden utilizar para tratar la depresión y los accidentes cerebrovasculares, para aumentar la concentración y la atención, para acortar el tiempo de entrenamiento y, potencialmente, para mejorar el entrenamiento físico.

La mano protésica no se puede ver, a menos que se pueda mirar directamente para obtener retroalimentación visual.

Investigación en el Centro Médico Bautista Wake Forest y la Universidad del Sur de California, financiada por el programa Restoring Active Memory de DARPA, ha demostrado un éxito inicial en la mejora de la memoria utilizando electrodos implantados quirúrgicamente, una línea de investigación prometedora para el tratamiento de la enfermedad de Alzheimer, los accidentes cerebrovasculares y las lesiones en la cabeza. [41] Al reforzar las neuronas registradas Al utilizar patrones de la experiencia de un paciente (es decir, ver una imagen en particular), los investigadores pudieron mejorar la memoria episódica, que es el tipo más común de pérdida de memoria en personas con enfermedad de Alzheimer, accidente cerebrovascular y traumatismo craneal. Los investigadores observaron una mejora del 35 por ciento en la memoria de corto plazo de referencia de los sujetos.42 Los investigadores señalaron: "Esta es la primera vez que los científicos han podido identificar el código o patrón de las células cerebrales de un paciente y, en esencia, 'escribir' ese código para hacer que la memoria existente funcione mejor, un primer paso importante para restaurar potencialmente la pérdida de memoria...". Si bien este trabajo se centró en mejorar las habilidades de memoria existentes, el trabajo futuro podría mejorar la capacidad de retener recuerdos específicos a medida que la habilidad de memoria comienza a fallar. Las corrientes directas transcraneales no invasivas se pueden utilizar para tratar la depresión y los accidentes cerebrovasculares, para aumentar la concentración y la atención, para acortar el tiempo de entrenamiento y, potencialmente, para mejorar el entrenamiento físico (con un enfoque en la corteza motora).43

Machine Translated by Google

> Una extensión natural de la investigación que busca leer señales cerebrales y enviar o implantar información en el cerebro es la comunicación de cerebro a cerebro.

El diseño del sistema de ingeniería neuronal de DARPA El programa (NESD) está desarrollando sistemas invasivos que pueden comunicarse de forma clara e individual con cualquiera de hasta un millón de neuronas en una región determinada del cerebro, y esto incluye la capacidad tanto de transmitir al cerebro como de leer desde el cerebro con algunas neuronas.44 Mientras que los dispositivos invasivos actuales pueden incorporar algo del orden de 100 canales, este proyecto se esfuerza por leer 106 neuronas, escribir en 105 neuronas e interactúan con 103 neuronas en modo full-duplex, una escala mucho mayor que la posible con la neurotecnología existente.45 Otro programa de DARPA, el programa de Neurotecnología No Quirúrgica de Próxima Generación (N3), implica un sistema no invasivo capaz de leer y escribir en múltiples puntos del cerebro a la vez.46

Una extensión natural de la investigación que tiene como objetivo La comunicación de cerebro a cerebro consiste en leer señales cerebrales y enviar o implantar información en el cerebro. Con financiación de la ARL, investigadores de la Universidad de Washington realizaron un estudio piloto para un sistema no invasivo que utiliza EEG para leer señales cerebrales básicas, transmitirlas por Internet y luego transferir respuestas motoras a un segundo usuario mediante estimulación magnética transcraneal.47 Las señales representan acciones muy básicas en el contexto de un videojuego simple, como moverse a la izquierda o a la derecha. No obstante, especialmente dado que estas señales se transfieren a través de Internet, la posibilidad de enviar incluso pensamientos básicos a través de Internet presenta inherentemente muchas oportunidades y muchos riesgos en materia de seguridad y ética.

Los autores amplían este esfuerzo para incluir a cinco grupos de tres individuos.48 Dos individuos envían información y la tercera persona recibe información, y los tres juegan colectivamente a un juego parecido al Tetris. El trabajo sigue experimentos anteriores de transferencia de señales entre ratas49 y de un humano a una rata.50

Direcciones de desarrollo y técnicas Desafíos

Direcciones de desarrollo

En general, la dirección en la que se orienta la mayor parte del trabajo sobre BCI se refiere a la cantidad y calidad de los datos que se transfieren. Es probable que aumente la fidelidad con la que se pueden extraer y transferir los datos desde el cerebro humano.51 Es probable que mejore el ancho de banda de la señal.
El programa NESD de DARPA, por ejemplo, ha invertido en la investigación de interfaces neuronales implantables para la restauración sensorial que pueden involucrar hasta un millón de neuronas a la vez.52 En julio de 2019, uno de los beneficiarios de la subvención, dirigido por la Universidad de Brown, presentó implantes de 0,25 milímetros cuadrados, llamados "neurogranos", que permiten la comunicación bidireccional inalámbrica con un dispositivo externo con una tasa de enlace ascendente de hasta 10 megabits por segundo.53 En enero de 2020, otro beneficiario, Paradromics, había anunciado una nueva BCI implantable de alta tasa de datos que puede procesar y transmitir datos neuronales con una disipación de energía 60 veces menor que los enfoques existentes, lo que permite la transferencia de más datos con un menor riesgo de sobrecalentamiento del cerebro.54

Aunque todavía no existe ninguna prueba de concepto de esta tecnología, una posible frontera en la transferencia de datos desde el cerebro humano puede ser la evaluación inalámbrica a larga distancia, que podría permitir a los comandantes evaluar el estado de sus soldados o incluso el del enemigo desde largas distancias.
De manera similar, la BCI podría resultar útil para agregar la evaluación de un grupo. Por ejemplo, la BCI podría utilizarse para monitorear la carga de trabajo cognitivo de un equipo.
Para el control directo del sistema, será necesario más trabajo para transferir manipulaciones complejas o estrategias con resistencia a las distracciones.

En cuanto a las prótesis, el siguiente paso es establecer nuevas conexiones neurológicas.
En la actualidad, los esfuerzos de BCI en materia de prótesis involucran

Machine Translated by Google

Reconectar neuronas existentes a sistemas físicos. Es más difícil proporcionar la capacidad de controlar una prótesis (y neuronas asociadas) que nunca existió. Además, también se necesita más trabajo para proporcionar retroalimentación propioceptiva directamente al cerebro para mejorar el control BCI bidireccional de miembros protésicos. Para la transferencia de datos al cerebro, el objetivo final es proporcionar al cerebro información directa y de alta fidelidad (por ejemplo, implantes de memoria aislados). Al igual que las evaluaciones de distanciamiento a larga distancia, esta capacidad aún no es factible, pero no obstante sigue siendo un objetivo para el campo BCI.

Una perspectiva particularmente interesante para la BCI es su integración con la Internet de las cosas (IoT), que conecta sistemas a través de Internet. El Departamento de Defensa cree que la IoT puede contribuir a mejorar la preparación al permitir monitorear el estado de los sistemas de armamento y material en tiempo real, y por eso se está volviendo omnipresente.55 La IoT tiene aplicaciones tácticas, que incluyen brindar a los combatientes acceso a sensores y datos, y la BCI podría mejorar esta capacidad.56

Algunos sostienen que, en última instancia, la dirección de esta tecnología seguirá el mercado.57 Con el creciente enfoque en el espíritu emprendedor, es probable que los investigadores y académicos creen nuevas tecnologías y las entidades comerciales impulsarán el desarrollo en función de la demanda del mercado. Sin duda, empresas como Kernel,58 Neuralink,59 Paradromics,60 y Facebook61 Están buscando activamente capacidades de BCI. Un escenario en el que la industria comercial domine este espacio puede tener dos modos. La industria puede, por supuesto, responder a las necesidades que impulsan la tecnología, pero también puede impulsar la tecnología de acuerdo con la rentabilidad prevista. Puede ser ventajoso tener la política pertinente en marcha antes de que el mercado impulse la tecnología.

Desafíos y riesgos técnicos

A pesar del emocionante y dinámico futuro que las BCI pueden develar, existen, por supuesto, desafíos y riesgos tecnológicos. Tal vez el desafío tecnológico más significativo en el desarrollo de las BCI sea el equilibrio entre la claridad de la señal y la capacidad de apuntar a neuronas específicas proporcionadas por sistemas invasivos, y la facilidad de uso con sistemas no invasivos.62 El programa N3 de DARPA actualmente busca abordar algunos de los desafíos tecnológicos más importantes. Estos desafíos se pueden abordar desarrollando un sistema portátil no invasivo capaz de leer y escribir en múltiples puntos del cerebro a la vez.63

Sistemas invasivos, que proporcionan mayor fidelidad Las señales electroquirúrgicas conllevan riesgos asociados a cualquier cirugía, como hemorragias, infecciones o daños cerebrales. Los electrodos también pueden inducir infecciones y degradarse con el tiempo. La cicatrización y el agotamiento (cuando los sustratos neuronales dejan de reaccionar) reducen la intensidad de la señal. La biocompatibilidad también es una limitación importante. Además, todos los implantes actuales se corroen y, por lo tanto, limitan su duración ú Los sensores de la mayoría de las BCI implantadas duran actualmente sólo entre dos y cinco años, aunque algunos trabajos con primates implican que los sensores reciban señales durante siete u ocho años. Reducir la rigidez, el tamaño y la tendencia al deterioro de los sensores manteniendo la calidad de la señal sigue siendo un desafío persistente. Desarrollar sensores con canales adicionales para mejorar la precisión y minimizar el uso de energía del sensor, que puede causar daño tisular, son desafíos adicionales. La colocación precisa de los sensores en el cerebro también es un desafío. En general, el hardware necesario para BCI (amplificadores, cables, sensores, etc.) todavía es demasiado grande para su uso práctico fuera de un laboratorio.

Tanto en los sistemas invasivos como en los no invasivos, los datos obtenidos de las neuronas se analizan, y la decodificación precisa presenta otro desafío con el avance de la BCI. Esta decodificación a menudo implica alguna forma de aprendizaje automático para la evaluación del rendimiento, que falla si cambia el individuo, la tarea o el marco temporal. Además, los algoritmos de decodificación son inestables y requieren una recalibración regular, en parte porque la posición de las neuronas en relación con los electrodos cambia y los patrones de activación cambian naturalmente. Sin duda, el aprendizaje automático es un área activa de investigación, que incluye métodos para generalizar resultados de modo que un algoritmo entrenado en un conjunto de datos pueda usarse con una precisión aceptable en un nuevo conjunto de datos de entrada ligeramente diferente.

A pesar de los riesgos técnicos antes mencionados que Es necesario abordar las aplicaciones y las capacidades subyacentes que se están explorando actualmente con BCI, lo que sugiere que puede tener usos viables para la guerra. Las secciones siguientes analizan las repercusiones operativas del uso de BCI en un entorno militar.

Machine Translated by Google

Consideraciones operativas

Introducción

Los teóricos y profesionales militares han elogiado durante mucho tiempo la mente humana como un determinante crítico del éxito militar. ¿Podría la conexión directa entre el cerebro y un dispositivo externo mejorar el desempeño de un combatiente? Basándose en la descripción general de las tecnologías BCI emergentes de la sección anterior, la siguiente sección comienza a explorar cómo se podrían aplicar las tecnologías BCI en un contexto militar.

Dos perspectivas enmarcan el debate. La primera perspectiva considera las características relevantes de la experiencia del futuro combatiente para extrapolar posibles aplicaciones para BCI. El segundo trabajo se basa en material de fuentes abiertas de organizaciones de investigación militar de los EE. UU. y en conversaciones con expertos en la materia para identificar conceptos existentes sobre cómo se podría aplicar la BCI incluso en el entorno operativo actual. Este análisis informa la introducción de una caja de herramientas de BCI, que sirve como piedra angular conceptual para el BCI TTX de la Corporación RAND.

BCI y el futuro combatiente

En su trabajo sobre la historia del futuro de la guerra, el académico británico Sir Lawrence Freedman señala que "ya no hay un modelo dominante para la guerra futura, sino un concepto difuso y una gama de posibilidades especulativas". 64 Su trabajo identifica algunos temas estratégicos recientes abordados en la literatura sobre guerras futuras, incluida una mayor prevalencia de guerras híbridas, ciberguerra, uso de robots y drones, y el advenimiento de megaciudades y el cambio climático como sitios y catalizadores para guerras futuras. 65 Una Perspectiva RAND de 2019 proyecta además varias tendencias estratégicas amplias para el futuro de la guerra: mayor competencia por la hegemonía regional, dificultad para defender países y dominios aislados, un declive de la ventaja militar cualitativa y cuantitativa estadounidense, líneas borrosas entre la guerra y la paz, y una guerra continua contra el terrorismo. 66

Además, el mayor enfoque en la competencia estratégica interestatal y el potencial de conflictos con adversarios casi iguales también plantean la posibilidad de que los adversarios futuros puedan manejar más recursos y capacidades tecnológicas sofisticadas que las que tienen hasta ahora.

Las de las últimas décadas, sin embargo, como concluye un informe de 2019 del Royal United Services Institute sobre el futuro entorno operativo, las estrategias contraoccidentales son "dinámicas y evolucionan" y "difieren según el contexto, los medios, las formas y el terreno". 67

A nivel operacional, el carácter de la guerra y las experiencias de combate del combatiente humano pueden estar impulsadas en gran parte por los rápidos avances en la innovación tecnológica militar.68 A medida que tanto los Estados Unidos como los adversarios potenciales desarrollan y despliegan nuevas tecnologías en el campo de batalla, es probable que las relaciones de colaboración entre humanos y máquinas evolucionen y planteen nuevos requisitos en la carga de trabajo cognitiva para un futuro combatiente. En cuanto a la posible aplicación de la BCI, es probable que el futuro combatiente tenga mayores requisitos para

- digerir y sintetizar grandes cantidades de datos de una extensa red de humanos y máquinas
- tomar decisiones más rápidamente gracias a los avances en IA, la conectividad mejorada y la autonomía. armamento mous
- supervisar un mayor número y tipos de robots, incluidos enjambres.

Un tema recurrente en los debates sobre la cognición y el combate futuro es que la toma de decisiones probablemente se complicará por la síntesis de enormes cantidades de información.69 Durante el combate terrestre, por ejemplo, las fuentes de información pueden incluir herramientas como redes de sensores acústicos, que podrían proporcionar la ubicación de disparos distantes, o rastreadores de drones para detectar enjambres de robots.70 En un futuro campo de batalla definido por la IoT, los dispositivos inteligentes, los sensores usados por los soldados y las aeronaves no tripuladas pueden inundar a los miembros del servicio con datos procesables.71 Los datos extensos y las nuevas fuentes de información pueden mejorar la conciencia situacional futura, pero también podrían complicar las consideraciones que deben procesar los tomadores de decisiones operacionales. La conectividad mejorada ampliará las fuentes y la velocidad de la información transferida entre humanos o entre humanos y máquinas. Esa información podría abarcar desde conexiones en red entre un F-35 y sus homólogos de cuarta generación durante una operación hasta actualizaciones en tiempo real del estado de preparación de los sistemas de armamento y material terrestres.72

Machine Translated by Google

No es de sorprender que los servicios ya estén buscando formas de facilitar un flujo rápido y extenso de datos entre combatientes y tomadores de decisiones para mejorar el funcionamiento sin problemas de los sistemas militares interconectados.73 Los sistemas BCI podrían servir como una posible herramienta futura para apoyar este esfuerzo, permitiendo a los analistas y operadores humanos monitorear y explotar mayores cantidades de información de manera más efectiva.74

Para abordar la posibilidad de una sobrecarga de información, es probable que los futuros miembros de las fuerzas armadas interactúen más ampliamente con la IA. En el futuro campo de batalla, las herramientas de IA pueden ayudar a los operadores humanos a evaluar un entorno, seleccionar datos y, en última instancia, permitirles digerir mayores volúmenes de información.75

Para abordar la posibilidad de sobrecarga de información, es probable que los futuros miembros del servicio interactúen más ampliamente con la IA.

El ejército de Estados Unidos ya ha buscado aprovechar la IA para "aligerar la carga cognitiva" de los futuros combatientes como un objetivo de capacidad central de su estrategia de sistemas robóticos y autónomos de 2017.76

A medida que la inteligencia artificial y la conectividad rápida se incorporen cada vez más a las operaciones militares, el ritmo de la guerra seguirá acelerándose.77 Por lo tanto, la velocidad a la que se deben tomar decisiones también se acelerará. En las próximas décadas, es probable que Estados Unidos y sus competidores casi iguales busquen nuevas formas de acelerar los ciclos de decisión.78

Finalmente, el futuro guerrero humano puede necesitar supervisar e interactuar con un mayor número de sistemas autónomos y semiautónomos.79 Los enjambres de drones pueden incorporarse a niveles tácticos y operativos en entornos urbanos complejos.80

Las futuras operaciones terrestres incorporarán la robótica a las cadenas de suministro y logística. 81 Los miembros del servicio ya pueden recurrir a aeronaves no tripuladas que vuelan sobre la zona de combate para ISR y apoyo aéreo cercano.

Otras aplicaciones de combate para las máquinas podrían incluir, por ejemplo, un robot que sería el primero en entrar a un edificio y recibir fuego, actualmente uno de los roles más letales en la guerra urbana.

Posibles aplicaciones de BCI en el futuro Combatir

En el contexto de estas tendencias tecnológicas y operativas para entornos militares, esta sección resume posibles aplicaciones relevantes, basadas en la literatura y la retroalimentación de los expertos en la materia.

En general, la BCI podría aplicarse teóricamente para ayudar a los futuros combatientes a tomar decisiones más informadas en un plazo más corto o a interactuar de manera más efectiva con más sistemas robóticos que sus contrapartes actuales.

Los estudios de laboratorio indican que las BCI pueden ser En un futuro equipo BCI, la IA podría teóricamente transferir el análisis inicial de datos de un avión o dron directamente a los centros relevantes del cerebro de un operador para reducir aún más la carga cognitiva. En combate, la BCI podría así acelerar el ciclo de observación, orientación, decisión y acción (OODA) de un operador, a través de nuevas formas de presentar información y eludir los sentidos físicos. Por lo tanto, DARPA cita la capacidad potencial del personal militar para "facilitar la multitarea a la velocidad del pensamiento" e "interactuar con ayudas inteligentes para la toma de decisiones" como dos razones para su inversión en tecnologías BCI no invasivas o mínimamente invasivas.

La BCI también podría utilizarse para lograr una participación más eficiente El uso de la IA para ayudar a mantener la supervisión humana sobre las decisiones operativas en un marco temporal reducido. Algunos académicos han planteado la hipótesis de que un campo de batalla habilitado por IA podría conducir a un cambio de fase en la guerra en el que el ritmo de las operaciones supere la velocidad de la toma de decisiones humana. Algunos académicos chinos se han referido a esto como un campo de batalla singular. idad.[86] Algunos académicos estadounidenses se han referido a este concepto. como hiperguerra. 87

Si esta hipótesis sobre el papel de la IA y la automatización en la guerra es correcta, puede ser que la BCI sea la única forma de que los humanos sigan siendo humanos.

Machine Translated by Google

Los sistemas BCI pueden ayudar a los centauros a tomar decisiones de manera más eficaz y a seguir el ritmo de las máquinas. En este mundo, adoptar la BCI e integrar eficazmente a los humanos con las máquinas no es simplemente una ventaja táctica, sino la ventaja estratégica central en la guerra. Los sistemas BCI podrían facilitar la lucha de los centauros, aprovechando "la precisión y la fiabilidad de la automatización sin sacrificar la solidez y la flexibilidad de la inteligencia humana". 88 En el campo de batalla, una pregunta crítica sería si la BCI permitiría a los humanos tomar decisiones significativas dentro de los futuros ritmos de operaciones impulsadas por IA.

Además, la BCI podría ofrecer ventajas potenciales para los operadores humanos que busquen gestionar futuras máquinas robóticas, o grupos de máquinas, en combate.
Como ha sugerido el ex director de programas de la DARPA, Al Emondi, "a medida que nos acercamos a un futuro en el que los sistemas cada vez más autónomos desempeñarán un papel más importante en las operaciones militares, la tecnología de interfaz neuronal puede ayudar a los combatientes a crear una interacción más intuitiva con estos sistemas". 89 En la práctica, la capacidad de lograr el control de un vehículo, un robot o un enjambre de drones sin necesidad de usar las manos a través de la BCI podría permitir a los operadores utilizar sus manos para otras tareas, como portar un arma tradicional. La BCI también podría permitir potencialmente a los operadores hacer más con un enjambre de lo que permitiría la operación manual. Un estudio de la Organización del Tratado del Atlántico Norte de 2009 concluyó que el objetivo de que un solo operador humano controle varios vehículos era "en el mejor de los casos, muy ambicioso y, en el peor, improbable de lograr". 90 El trabajo actual sobre la interfaz cerebro-enjambre postula que las tecnologías cerebro-computadora pueden ser capaces de estado fisiológico (fatiga, estrés, excitación) en el rendimiento cognitivo y motor. 96

Conceptos existentes para el combate BCI Aplicaciones

Incluso hoy, las tecnologías BCI, si estuvieran disponibles y se pudieran implementar más fácilmente, podrían producir beneficios operativos específicos debido al acceso directo que permiten al cerebro humano. Algunos programas de investigación del Departamento de Defensa identifican públicamente posibles aplicaciones operativas militares de BCI que podrían ser relevantes en el entorno operativo actual. La siguiente sección se basa en estos temas, así como en ideas de expertos en la materia, para discutir posibles aplicaciones adicionales para BCI durante el combate

Un área en la que la tecnología BCI podría potencialmente Resultaría útil para el personal militar actual la telepatía sintética entre operadores humanos.92
En 2009, el programa "Silent Talk" de DARPA otorgó subvenciones a instituciones de investigación para "permitir la comunicación entre usuarios en el campo de batalla sin el uso de voz vocalizada a través del análisis de señales neuronales", una aplicación que podría facilitar enormemente la comunicación encubierta.93 Un análisis externo destaca el uso potencial de la tecnología BCI para desarrollar una conciencia compartida dentro y entre unidades, mejorar la conciencia colectiva de los desafíos del combate y proporcionar a los combatientes información sobre las perspectivas y deliberaciones internas de múltiples operadores.94

El acceso directo al cerebro humano también podría ayudar a los comandantes a mejorar la comprensión de los estados cognitivos y psicológicos de sus fuerzas. Ya en 2008, la Fuerza Aérea investigó sistemas de mando y control en el campo de batalla que utilizaban EEG y movimientos oculares para "evaluar el estado cognitivo real del operador" en un esfuerzo por "evitar cuellos de botella cognitivos antes de que ocurran" y, eventualmente, "anticipar el estado de la misión futura y el estado funcional del operador con anticipación". 95 En su declaración de visión, la Alianza Tecnológica Colaborativa de Cognición y Neuroergonomía (CaN CTA) de la ARL defiende el desarrollo de la capacidad de monitorear continuamente el comportamiento neurocognitivo del operador, incluida la profundidad, la distribución y el cambio de la atención humana, la evaluación de la información, el contexto emocional de las acciones y el impacto del

Este tipo de función podría identificar y facilitar plausiblemente las operaciones de conductores de convoyes extremadamente fatigados, o tal vez de artilleros o de tanques que operan en entornos complejos para quienes los errores podrían resultar mortales.97 En un nivel más complejo, una tecnología que pudiera proporcionar información sobre el estado emocional de un soldado podría proporcionar señales de alerta sobre si el soldado podría "quebrarse" psicológicamente y cuándo, cuándo un soldado podría tener tendencias psicóticas o tal vez cuándo un soldado está disparando para fallar. Un estudio sobre el uso de imágenes por resonancia magnética funcional para identificar falsedades sugiere que la capacidad de detectar si un sujeto está ocultando información

Machine Translated by Google

Puede ser de particular interés para las misiones de lucha contra el terrorismo y la insurgencia.98

El Departamento de Defensa también ha explorado la aplicación de BCI Las tecnologías para mejorar el rendimiento cognitivo durante o en preparación para el combate.99 Las posibles aplicaciones militares que ofrecen las capacidades cognitivas mejoradas de los miembros del servicio, mediante estimulación eléctrica o química, podrían incluir una mejor memoria de las asignaciones de batalla o el almacenamiento de grandes cantidades de información por parte de un piloto de combate.100 La cafeína ha sido utilizada como estimulante cognitivo por el ejército de los EE. UU. durante más de un siglo.101 Más recientemente, los investigadores del Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea han destacado los desafíos cognitivos asociados con los entornos de multitarea de alto nivel como un impulso para la investigación aplicada sobre la estimulación de corriente continua transcraneal (tDCS) en el contexto militar.102 El Departamento de Defensa también ha invertido en esfuerzos para acelerar el entrenamiento militar mediante el uso de BCI.103 Como observa la descripción del programa de Entrenamiento de Neuroplasticidad Dirigida de DARPA, los miembros del servicio a menudo necesitan habilidades especializadas que exigen agudeza perceptiva, juicio rápido y preciso, y planificación y ejecución efectivas de acciones complejas. El entrenamiento existente para esto puede consumir mucho tiempo y requerir una gran aptitud.104 Por lo tanto, el Departamento de Defensa percibe la utilidad de buscar tecnologías que puedan reducir el tiempo, la inversión y la aptitud innata requerida para la adquisición de estas habilidades especializadas.

Más allá de la mejora cognitiva, la BCI también podría Se puede utilizar para reducir el dolor o para regular otras emociones como el miedo. Como ha observado un analista con experiencia médica militar, las capacidades de la BCI que pueden manipular físicamente el sistema nervioso central y alterar el dolor podrían ofrecer "aplicaciones prácticas como anestésico electrónico". El programa de Recetas Eléctricas (ElectRx) de DARPA busca apoyar la preparación operativa militar mediante el desarrollo de tratamientos no farmacológicos para el dolor, la inflamación general, el estrés postraumático, la ansiedad severa y otros desafíos a través de la estimulación del sistema nervioso periférico.105 Los oficiales al mando han lidiado durante mucho tiempo con la mejor manera de manejar el miedo en el campo de batalla mientras los combatientes toman decisiones individuales o colectivas de luchar o no luchar cuando temen a la muerte.106 La aplicación de la BCI para mejorar la gestión podría ser plausiblemente útil, aunque existen

Más allá de la mejora cognitiva, la BCI también podría utilizarse para reducir el dolor o regular otras emociones como el miedo.

También se puede decir que son productos positivos de las emociones fuertes en el combate, incluido un aumento de la adrenalina que mejora la capacidad física.107

En el futuro, la BCI que mejore los sensores humanos (ojos que puedan ver en diferentes espectros u oídos que puedan escuchar sonidos fuera del rango humano habitual) podría mejorar la conciencia situacional en las operaciones de infantería. Como ha observado el ex director del programa DARPA y ex oficial de infantería del ejército Geoffrey Ling: “Si te doy un tercer ojo, y el ojo puede ver en el ultravioleta, eso se incorporaría a todo lo que haces...

“Si puedes ver de noche, eres mejor que la persona que no puede ver de noche”.108

Prueba de las capacidades de BCI A través de la Seguridad Nacional

Juego de azar

¿Pueden las BCI contribuir a la seguridad nacional y a la guerra futura? Si es así, ¿cómo? Cuando se aplican al futuro previsto de la guerra, el resumen tecnológico de las BCI sugiere que, de hecho, pueden existir beneficios operativos. Para probar esto más a fondo, el equipo de RAND llevó a cabo un TTX (un juego de seguridad nacional) centrado en una caja de herramientas de capacidades BCI futuras proyectadas. El juego reunió a expertos con experiencia técnica y operativa y los desafió a tomar decisiones sobre qué tecnología BCI emplearían y por qué en viñetas tácticas.

Machine Translated by Google

Se reforzaron algunas hipótesis preliminares sobre el atractivo de herramientas BCI específicas y se aclararon los posibles casos de uso en un entorno operativo en el que se cuestionaba el valor de la BCI. Es importante destacar que el juego también brindó información sobre posibles vulnerabilidades y riesgos, que se detallan en la siguiente sección.

Una caja de herramientas BCI proyectada

A partir del resumen de la tecnología y la consideración de los requisitos operativos futuros, proyectamos una caja de herramientas de seis conjuntos futuros de capacidades de BCI. Las primeras tres capacidades se relacionan generalmente con la conectividad entre humanos y entre humanos y máquinas. Las otras tres se relacionan con la conectividad humana.

Rendimiento y entrenamiento. Estas capacidades sirvieron como base para el BCI TTX de julio de 2018; de hecho, sirvieron como hipótesis sobre qué tecnologías BCI serán más relevantes para las unidades militares tácticas.

Se enumeran a continuación:

La toma de decisiones entre humanos y máquinas implica trans-Transmitir datos al cerebro humano desde la entrada de un sensor y desde el cerebro a las máquinas. Podría ayudar a los usuarios a agregar y transferir información y evaluaciones.

Por ejemplo, una computadora podría ordenar y mostrar información en un formato fácil de digerir para una respuesta rápida y precisa. Alternativamente, con IA acoplada corticalmente, los datos pueden ser proporcionados desde el cerebro humano.

a una computadora. Este tipo de herramienta permite a un combatiente digerir más información más rápido, para usarla, por ejemplo, en la evaluación del teatro de operaciones o en la evaluación de riesgos y amenazas. En última instancia, los combatientes pueden aumentar el tiempo de reacción general, colapsando así el ciclo OODA.

El control directo de sistemas entre humanos y máquinas implica permitir a los combatientes controlar sistemas con sus pensamientos de forma inalámbrica, así como supervisar sistemas semiautónomos y de inteligencia artificial, incluidos robots, drones, enjambres de drones o aviones a reacción. Por ejemplo, podría permitir el apagado inmediato de un sistema o el lanzamiento de armas simplemente con ejercitar un pensamiento. Esto, a su vez, proporciona al combatiente una mayor conciencia situacional y, a su vez, ayuda a colapsar el ciclo OODA.

La comunicación entre humanos y la interacción entre humanos

La gestión de comunicaciones implica la transmisión inalámbrica de órdenes o ideas básicas entre combatientes y comandantes, lo que aligera la carga de los sistemas de comunicaciones. Podría facilitar la comunicación inmediata y silenciosa de planes o tácticas en el campo de batalla, o mejorar la comunicación con el cuartel general para aumentar el conocimiento de los comandantes sobre las condiciones en el teatro de operaciones.

El seguimiento del desempeño permitiría generar conciencia de estados emocionales, cognitivos y físicos grupales o individuales. Podría permitir monitorear el estado neuronal y cognitivo, detectando así cuándo una persona está fatigada, prestando atención, tiene una carga de trabajo cognitiva alta o baja o está significativamente estresada. También podría ayudar a un comandante a comprender mejor el estado cognitivo y la fatiga de un escuadrón o pelotón.

La mejora del rendimiento cognitivo y físico incluye la mejora del estado cognitivo y físico del combatiente en el campo de batalla. Desde el punto de vista cognitivo, podría producir una mayor concentración y estado de alerta para una rápida y mejor conciencia de la situación y toma de decisiones. El combatiente también podría obtener un estado emocional mejorado que podría, por ejemplo, interrumpir el miedo y mitigar el estrés. También podría mejorar el entrenamiento de habilidades cognitivas, según el programa de Entrenamiento de Neuroplasticidad Dirigida (TNT) de la DARPA.109

En lo que respecta al rendimiento físico, podría incluir la regulación o mejora del estado psicológico de un combatiente.110 Podría mejorar las capacidades sensoriales a través de la estimulación de los sistemas nerviosos periféricos y posiblemente cortezas específicas (es decir, visual o auditiva). También podría permitir la mitigación del dolor a través de la distribución farmacéutica. Finalmente, esta herramienta también podría incluir una mayor fuerza a través de una integración más eficiente con exoesqueletos mecánicos,111 que son extensiones naturales del trabajo sobre prótesis.

La herramienta BCI de capacitación podría mejorar la experiencia del operador

El aprendizaje y el procesamiento de la memoria permiten a los combatientes retener más información. También podría permitir un entrenamiento acelerado, incluidos dispositivos de entrenamiento desplegables para un entrenamiento rápido en el teatro de operaciones. Podría permitir un entrenamiento personalizado adaptativo (y más efectivo) específico para la misión. La BCI podría proporcionar una retroalimentación más efectiva durante el entrenamiento y, algún día, podría permitir la implantación de conjuntos de conocimientos para un "entrenamiento" inmediato.

La figura 1 enumera las capacidades de una caja de herramientas BCI que pueden estar disponibles en un plazo relativamente cercano, así como las proyecciones a más largo plazo. Estas capacidades se agrupan con respecto a las herramientas analizadas anteriormente. En general, las capacidades a largo plazo reflejan

Machine Translated by Google

FIGURA 1

Juego de caja de herramientas BCI para la seguridad nacional

Herramienta BCI	Capacidades a corto plazo	Capacidades a largo plazo
1) Hombre-máquina Toma de decisiones	• Transferencia inmediata del riesgo operacional • Decisiones más rápidas para desplegar armas. • Ciclo de preparación más corto con retroalimentación más rápida de ocurrencias en el espacio de batalla (colapso bucle OODA) • Mayor velocidad y precisión en la orientación.	• Transferencia de riesgos y amenazas (mayor ancho de banda) • Sistemas de IA aumentada
2) Hombre-máquina control directo del sistema	• Transferir comandos básicos a los sistemas • Aumentar la conciencia situacional y la reacción. • Colapso del ciclo OODA	• Transferencia de manipulaciones complejas (aumento ancho de banda y grados de libertad) • Resistencia a la distracción (uso en dinámica) entornos) • Comandos y controles más específicos
3) De persona a persona comunicación/ gestión	• Transferir comandos básicos entre individuos • Reducir el peso (radio)	• Transferir estrategias complejas que involucren Comandantes/cuarteles generales (mayor ancho de banda)
4) Monitorizar el rendimiento	• Monitorizar el estado • Monitorizar la capacidad cognitiva individual y grupal. carga de trabajo, estrés, punto de ruptura	• Evaluación de distanciamiento a larga distancia • Monitoreo de las emociones y la cognición del adversario. Estados • Perfiles cognitivos dinámicos archivados
5) Mejorar la capacidad cognitiva actuación	• Regular el estado emocional (es decir, el estrés) • Aumentar la concentración y el estado de alerta.	• Modular el estado emocional
6) Mejorar la condición física actuación	• Aumento de fuerza mejorado • Capacidades sensoriales mejoradas	• Distribución farmacéutica automática implantada • Alteración del dolor
7) Entrenamiento	• Mayor retención del aprendizaje • Dispositivos de entrenamiento desplegables • Entrenamiento individualizado adaptativo • Evaluación más inmediata y efectiva	• Conjuntos de conocimientos implantados

NOTA: Este marco se utilizó para respaldar el juego, pero no refleja una evaluación de madurez técnica.

una mejora en la complejidad y el ancho de banda de los datos que se transfieren. En lo que respecta al control directo del sistema, además de transferir manipulaciones más complejas de un sistema, las capacidades a largo plazo también pueden reducir la sensibilidad de los sistemas BCI a las distracciones del usuario. Las capacidades a largo plazo relacionadas con el monitoreo del rendimiento permitirán a las organizaciones archivar el rendimiento cognitivo y los perfiles a lo largo del tiempo.

Prueba de la relevancia operativa de Capacidades de BCI

Para proporcionar una prueba inicial de la utilidad de los siete Desde las áreas de la caja de herramientas de BCI hasta las operaciones militares tácticas, realizamos un juego de un día en el que convocamos a expertos para tomar decisiones sobre cuál de las tecnologías de la caja de herramientas BCI utilizarían, si es que utilizarían alguna, en dos misiones de combate terrestre urbano. Este evento nos permitió comprender mejor (1) si los jugadores percibían alguna tecnología BCI como útil en un contexto complejo, (2) la ventaja relativa percibida de diferentes tecnologías para diferentes tareas, y (3) las razones Por qué los jugadores optaron o no por utilizar diferentes tecnologías, ayudando a descubrir las ventajas y limitaciones de las herramientas.

Nuestro BCI TTX convocó a un pequeño grupo de jugadores de diversos orígenes militares y técnicos para impulsar la conversación y obtener una amplia gama de perspectivas. La intención principal era explorar la relevancia de las capacidades de BCI en un entorno militar y

Machine Translated by Google

> Las operaciones de infantería urbana presentaron un caso de uso “muy desafiante”, con usuarios objetivo que tradicionalmente han sido escépticos respecto de la utilidad de los avances tecnológicos.

En el juego se analizaron los matices de cómo se podrían utilizar esas capacidades. En el aspecto técnico, los participantes incluyeron investigadores y gerentes con experiencia en neurociencia, tecnología militar y trabajo en equipo entre humanos y máquinas. Un segundo grupo de jugadores estuvo compuesto por oficiales en servicio y ex oficiales y expertos en asuntos militares, muchos de ellos con experiencia en operaciones urbanas. Se pidió al grupo que representara a las fuerzas estadounidenses en su conjunto en las viñetas. Dos analistas de RAND que estudian la tecnología disruptiva asumieron el papel del adversario durante la última etapa del juego.

Se pidió a los jugadores que aplicaran y ponderaran la utilidad de cada una de las seis capacidades de BCI de la caja de herramientas de BCI en el contexto de dos operaciones urbanas tácticas y en las seis funciones del combatiente: mando de misión, inteligencia, fuegos, movimiento y maniobra, protección de la fuerza y mantenimiento. Este proceso nos permitió comparar la evaluación de los jugadores sobre la utilidad de diferentes tecnologías para diferentes funciones en dos misiones diferentes.

Las operaciones de infantería urbana presentaron un caso de uso “muy desafiante”, con usuarios objetivo que tradicionalmente se han mostrado escépticos respecto de la utilidad de los avances tecnológicos. Como sugirió una vez sin rodeos Bing West, ex secretario adjunto de Defensa para Asuntos de Seguridad Internacional y marine de combate: “La batalla urbana seguirá siendo una batalla campal, y el ingrediente básico seguirá siendo una gran cantidad de explosivos de alta potencia. No está surgiendo ninguna tecnología que pueda reemplazarla ” .112

Se extrajeron dos viñetas de misión de la doctrina de operaciones urbanas para permitir a los jugadores profundizar en tareas comunes: limpiar un edificio y responder a una emboscada. Ambas viñetas incluían subtareas complejas que podían abordar la variedad de funciones del combatiente.

En el apéndice se incluyen detalles adicionales del diseño y la ejecución del juego.

Perspectivas sobre el uso de BCI desde el juego Jugar

El juego proporcionó varios tipos de conocimientos para ayudarnos a comprender la utilidad de la BCI en las operaciones urbanas. En primer lugar, recopilamos datos sobre las capacidades de BCI que los jugadores optaron por aprovechar para abordar qué áreas funcionales. Usamos esta información para entender qué capacidades se consideraron más útiles para respaldar operaciones terrestres complejas. En segundo lugar, recopilamos datos sobre las discusiones de los jugadores sobre por qué consideraban que determinadas tecnologías eran prometedoras o riesgosas. En esta sección, analizamos qué tecnologías optaron por utilizar los jugadores y cuáles consideraron que eran sus ventajas. Estos hallazgos generalmente coinciden con nuestra hipótesis inicial de que la BCI tiene usos incluso en entornos complejos, pero mostraron que los jugadores no consideraban que las seis capacidades fueran igualmente útiles. Más allá de la promesa potencial de la BCI que se sustentaba en el juego, también notamos muchas limitaciones y riesgos importantes intr
Estos hallazgos se abordan en la siguiente sección.

Nuestra primera impresión del juego es que BCI Estas capacidades pueden, de hecho, ser útiles en el campo de batalla urbano, lo que respalda la hipótesis inicial del equipo. Todas las herramientas BCI fueron utilizadas varias veces por un jugador, y todas las funciones de combate tenían una mayoría de herramientas aplicadas al menos una vez. Cuando se les daba la opción de usar tecnologías BCI o no, los jugadores a menudo decidían usar una tecnología BCI para enfrentar los desafíos de las viñetas tácticas.113 Más específicamente, el juego proporcionó evidencia sobre la frecuencia relativa con la que se seleccionaron las herramientas BCI para respaldar diferentes funciones de combate, lo que sugiere la utilidad relativa percibida de diferentes canastas de tecnología.

En general, la toma de decisiones hombre-máquina, el control directo de sistemas y el rendimiento físico mejorado fueron notablemente más populares que otras herramientas. Quizás no sea sorprendente que estas herramientas fueran las más utilizadas

Machine Translated by Google

Se utilizó para apoyar el mando de la misión, la inteligencia, los incendios y las tareas de protección de la fuerza. El rendimiento cognitivo mejorado y el entrenamiento rara vez se utilizaron, pero eso puede haberse debido a la naturaleza táctica de los conjuntos de problemas, lo que podría haber hecho que los problemas a largo plazo, como el entrenamiento, fueran menos urgentes. Todos estos resultados estuvieron en línea con nuestras proyecciones iniciales, pero el apoyo independiente de los jugadores del juego proporciona evidencia adicional de la utilidad de la BCI para tareas operativas específicas.

El juego también subrayó la necesidad de un análisis más profundo de las futuras capacidades técnicas de las aplicaciones militares relacionadas con la BCI. Los participantes señalaron que la utilidad pragmática de cada herramienta de la BCI dependería en gran medida de su fidelidad y fiabilidad durante el combate. Una herramienta de comunicación entre humanos que permitiera un conocimiento situacional totalmente compartido sería de mayor utilidad que una comunicación más rudimentaria, que podría transmitirse con la misma facilidad a través de una radio de onda corta tradicional. Un dispositivo de la BCI que supervise el funcionamiento de enjambres de drones sólo es útil en la medida en que sea fiable para mantener el control en condiciones desfavorables. Además, la incorporación de sistemas letales automatizados del adversario en el juego planteó cuestiones técnicas sobre la capacidad futura de la BCI para superar las limitaciones de tiempo asociadas con la toma de decisiones humana. Un jugador comentó que algunas de las capacidades presentadas en la caja de herramientas de la BCI no parecían lo suficientemente concretas como para tomar una determinación operativa, lo que puede haber contribuido a las decisiones de algunos jugadores. La siguiente sección explora más a fondo algunas de las vulnerabilidades y riesgos clave identificados durante el juego, que deben considerarse más a fondo antes de que la BCI pueda utilizarse productivamente en entornos de combate.

Viñeta 1: Limpiando un edificio

La primera viñeta, la limpieza de un edificio, fue extraída directamente de la publicación de combate del Cuerpo de Marines Military Operations in Urban Terrain (MOUT).114 En respuesta a la viñeta, los jugadores citaron localizar civiles y matar al enemigo como dos subtareas críticas.

La comunicación, el control de fuerzas a través de múltiples salas y la garantía de conocimiento de la situación eran subtareas derivadas. En general, los jugadores identificaron el problema clave como uno de recopilación de información y gestión humana y, por lo tanto, estaban más involucrados. en soluciones BCI que facilitaron la comunicación y la toma de decisiones.

A partir de las subtareas identificadas, los participantes subrayaron la necesidad de comunicarse con claridad y tomar decisiones rápidas y precisas en condiciones de línea de visión, visibilidad y audición limitadas.

Como resultado, los jugadores centraron su debate en las herramientas BCI que podrían ayudar con el comando y control, la comunicación y la inteligencia. Como sugirió un jugador, la BCI potencialmente ofrece la “totalidad de la información, uniendo voces e imágenes” y, al mismo tiempo, proporciona herramientas para ayudar a dar sentido a condiciones que de otro modo resultarían desorientadoras.

La velocidad de toma de decisiones y una mayor concienciación común se mencionaron repetidamente como cualidades clave de las herramientas BCI que serían importantes para mejorar la comunicación, el mando y el control y la inteligencia actuales. Como observó un jugador, un líder de unidad que despeje un edificio “necesitaría saber quién está realmente asustado o muerto, y necesitaría saberlo sin perder tiempo en hablar”.

Incluso para funciones como el movimiento y la maniobra, la discusión de los jugadores se centró en la necesidad de comunicar la ubicación de otros miembros del servicio y el estado de diferentes áreas del edificio de forma instantánea, aunque hubo cierto debate sobre el valor adicional de la BCI para esta tarea más allá del uso de una radio tradicional.

Los jugadores también seleccionaron herramientas que proporcionaban al comandante información más refinada sobre la que basar sus decisiones. En la medida en que la BCI pudiera mejorar la capacidad del comandante para obtener rápidamente información de los soldados de primera línea, clasificarla y tomar decisiones sobre la selección de objetivos y la gestión humana, podría resultar útil para llevar a cabo la tarea.

También se mencionó el control de la robótica y las mejoras físicas, pero se discutieron mucho menos, y parecieron ser menos centrales para la concepción de los jugadores sobre los desafíos de la viñeta. Por ejemplo, muchos de los operadores enfatizaron que, en este tipo de condiciones, el tirador azul seguiría siendo un humano empuñando un rifle, porque sería necesario un grado adicional de juicio y responsabilidad. La falta de énfasis en el control de tecnologías emergentes como enjambres de drones y robótica en el campo de batalla también puede haberse debido en parte al hecho de que los jugadores estaban

Machine Translated by Google

Se pidió considerar únicamente los niveles actuales de tecnología no BCI.

Viñeta 2: Emboscada y evacuación de víctimas La segunda viñeta adaptó una descripción de emboscada de MOUT para incluir una evacuación de víctimas descrita en un relato de primera mano de la batalla de Faluya.115 Esta viñeta también incorporó explícitamente futuras tecnologías no BCI que se proyecta que estarán disponibles para los Estados Unidos y adversarios casi iguales en el marco temporal de 2040, incluyendo IA letal autónoma; vehículos no tripulados de enjambre basados en aire y agua; guerra electrónica avanzada (EW); inteligencia, vigilancia y reconocimiento integrados; conocimiento de la situación; y apoyo de fuego.116

En esta viñeta, el enfoque pasó de la comunicación al control sobre múltiples plataformas y al apoyo médico. La consideración adicional de futuras tecnologías militares plausibles destacó nuevas áreas para la posible interacción hombre-máquina. Si bien los jugadores identificaron una tecnología BCI similar que ayuda con el comando y control y la inteligencia, como en la primera viñeta, estas funciones de combate fueron mucho menos prominentes en la discusión. En cambio, los jugadores hicieron más hincapié en las múltiples plataformas que debían coordinarse para proporcionar conocimiento de la situación, apoyo de fuego y capacidades de evacuación médica.

Los jugadores también notaron que las líneas de visión más abiertas en la viñeta hicieron que el apoyo aéreo y los robots terrestres fueran más útiles, haciendo que el control directo fuera una opción más atractiva.

La presencia de una víctima activa hizo que las aplicaciones de la BCI para la prestación y el seguimiento de la atención médica pasaran a ser un tema central. Partiendo de una observación directa de que “el tiempo es crítico” cuando se trata de atender a víctimas urgentes, los participantes consideraron formas en que la BCI podría mejorar el tiempo de respuesta.117 Un jugador sugirió que la transferencia de conocimientos médicos avanzados a través de la BCI podría transformar a cualquier médico de combate en un cirujano, lo que podría reducir el tiempo de traslado a la atención crítica. Los jugadores prestaron especial atención al uso de la toma de decisiones entre humanos y máquinas para respaldar la asignación correcta de recursos, por ejemplo, determinar cuánto tiempo debe dedicar un miembro del servicio a proporcionar atención médica o asignar sistemas no tripulados a diferentes tareas.

Casos de uso adicionales

Los jugadores también señalaron varias áreas adicionales en las que la BCI sería útil más allá de los confines de las viñetas. Por ejemplo, los jugadores discutieron la utilidad de proporcionar BCI a un mecánico, que luego podría recurrir a diagnósticos basados en aprendizaje automático o a la experiencia de un técnico más experimentado al realizar reparaciones. Los jugadores sintieron que esto permitiría funciones de apoyo más capaces que, aunque no se muestran directamente en la viñeta, serían clave para mantener las fuerzas durante operaciones más largas. De manera similar, los jugadores mencionaron que si hubiera habido aliados o socios operando junto con las fuerzas de la viñeta, la BCI podría ser útil para superar la barrera del idioma y lograr comunicaciones fluidas. La corta duración de las viñetas también minimizó el papel de la fatiga cognitiva y física en las decisiones de los jugadores. Los jugadores señalaron que las posibles aplicaciones ofensivas de la BCI no estaban incluidas en la caja de herramientas, pero podrían ser útiles. Los jugadores también señalaron que las oportunidades para la BCI en la gestión operativa de la pelea probablemente serían amplias, pero serían bastante diferentes de las aplicaciones tácticas en las que se centraba el juego.

Es importante advertir que, si bien los jugadores consideraron que la BCI sería útil en el entorno urbano, rápidamente se dieron cuenta de que no sería una panacea. Además del potencial de la BCI, el ejercicio también destacó las posibles vulnerabilidades, desafíos y riesgos que genera su uso, que se describen en detalle en la siguiente sección.

Resumen de los hallazgos del juego

Si bien no se debe exagerar la importancia de un solo juego, nuestro BCI TTX contribuyó a un debate emergente sobre BCI al identificar y considerar formas tangibles en las que las futuras capacidades de BCI podrían contribuir a las operaciones de combate. Los participantes eligieron las herramientas BCI en lugar de los enfoques militares tradicionales para tareas en todo el espectro de funciones del combatiente.
De las siete capacidades de BCI identificadas en el estudio, los participantes encontraron tres de ellas que tenían más usos en los dos casos. En primer lugar, los participantes priorizaron el apoyo de BCI a la toma de decisiones entre humanos y máquinas, anticipando los beneficios de la integración de información de muchas fuentes durante una batalla caótica o la aceleración de la toma de decisiones durante el combate.

Machine Translated by Google

En segundo lugar, el control directo de los sistemas a través de la BCI podría ofrecer a los combatientes un control manos libres de los sistemas semiautónomos y de los enjambres de drones. En tercer lugar, el rendimiento físico mejorado ofrecería mejores capacidades auditivas y visuales, o un control más fluido de los exoesqueletos. Los participantes señalaron que la utilidad de esta función puede resultar especialmente evidente una vez que la tecnología para aplicaciones militares de la IA y la robótica se desarrolle más, mejorando la fidelidad y la fiabilidad de las herramientas de la BCI, y una vez que los adversarios tengan acceso a estas capacidades. Un análisis más profundo de estas tres capacidades podría refinar aún más sus usos y los riesgos asociados.

Nuestros participantes señalaron que la futura comunicación directa de cerebro a cerebro entre los miembros del servicio, si bien requiere una tecnología más avanzada que la que puede estar disponible en el marco temporal de 2040, podría ser revolucionaria al permitir que un equipo coordine acciones mientras despeja un edificio. El debate también sugirió que las tecnologías podrían plantear mayores riesgos de explotación por parte del adversario y tendrían el mayor impacto en las estructuras organizativas militares actuales, dependiendo de si la capacidad se puede desactivar y utilizar de forma selectiva. Muchos de los desafíos identificados en el juego destacaron la probable amplificación futura de los riesgos de ciberseguridad por el uso de BCI. Nuestro equipo rojo subrayó las posibles vulnerabilidades asociadas con la piratería, la denegación de servicio y la guerra electrónica.

Riesgos potenciales

Los analistas de la innovación militar emergente a menudo señalan la necesidad de ser cautelosos en torno a la paradoja de la capacidad y la vulnerabilidad, según la cual las nuevas ventajas pueden introducir nuevas vulnerabilidades.118 La introducción de cualquier nueva tecnología puede presentar nuevos desafíos, riesgos y vulnerabilidades. Por lo tanto, además de considerar la utilidad operativa de las futuras tecnologías BCI en combate, este proyecto buscó considerar cómo los atributos únicos de la BCI podrían presentar nuevas consideraciones para el Departamento de Defensa e identificar áreas centrales para un examen más profundo. Algunas de estas consideraciones se derivaron de la literatura existente; la mayoría se extrajeron de discusiones que se llevaron a cabo en preparación para y durante el TTX BCI, incluyendo

Los analistas de la innovación militar emergente a menudo señalan la necesidad de ser cautelosos en torno a la paradoja capacidad-vulnerabilidad, según la cual nuevas ventajas pueden introducir nuevas vulnerabilidade

Perspectivas de un equipo de Red dedicado a identificar vulnerabilidades relacionadas con BCI. Si bien el juego confirmó la utilidad potencial de las tecnologías BCI en el campo de batalla, también destacó los riesgos potenciales. Con respecto a la política, la propuesta de valor ciertamente sugiere una inversión y un desarrollo continuos, pero los riesgos resaltan áreas clave en las que los responsables de las políticas deberían ser proactivos. Esta sección considera las posibles vulnerabilidades operativas, las vulnerabilidades institucionales y los riesgos éticos y legales, todos asociados con las aplicaciones de combate de las tecnologías BCI.

Vulnerabilidades operativas

Un análisis del equipo rojo de las decisiones de los jugadores ayudó a identificar formas en las que la tecnología BCI podría crear nuevas vulnerabilidades para el futuro combatiente. Para delimitar el análisis, los facilitadores del juego buscaron distinguir entre las nuevas vulnerabilidades asociadas específicamente con las futuras capacidades de BCI y aquellas asociadas con una mayor dependencia futura de la tecnología en general. Los participantes coincidieron en general en que, dentro de cada nueva área de vulnerabilidad, el alcance de ésta dependería tanto de la dependencia de la tecnología BCI como de las características específicas de la tecnología misma.

Machine Translated by Google

Nuevos puntos potenciales de falla

Un área importante de vulnerabilidad era que la dependencia del uso de BCI podría presentar nuevas formas para que un adversario niegue el acceso a la tecnología, lo que podría hacer que una unidad sea menos efectiva. Un análisis de la telepatía sintética realizado en 2014 concluye que "la comunicación de cerebro a cerebro a través de Internet puede que nunca sea la mejor solución para el campo de batalla, a pesar de los millones de dólares de dinero de investigación del Pentágono que se han invertido en explorarla". 119 Esto puede deberse en parte al potencial de denegación de servicio. La seguridad de la red entre cerebros, o entre cerebros y máquinas (y la vulnerabilidad de la red a los pulsos electromagnéticos) serían, por lo tanto, de suma importancia cuando comenzaran los ataques de guerra electrónica. De hecho, esta cuestión surge fuera del campo de la BCI a medida que aumentan los intereses en la comunicación segura en red en el campo de batalla.

Dependencia excesiva de nuevos medios de transmisión

La comunicación por radio podría ser problemática para cualquier tecnología nueva, incluidos los futuros campos de batalla impulsados por la IoT, y es probable que mantener los canales de comunicación sea una prioridad. Sin embargo, la BCI podría presentar una vulnerabilidad particular debido a su dependencia técnica de la detección de señales eléctricas muy débiles. En una situación de campo de batalla, estas señales débiles podrían potencialmente ser bloqueadas. Como señaló un miembro del equipo rojo, Rusia tiene importantes capacidades de guerra electrónica incorporadas incluso en el nivel táctico más bajo. Las opciones de mitigación podrían incluir cascos o máscaras que creen una jaula de Faraday, protegiendo al usuario de los intentos de bloqueo. Sin embargo, el mayor peso y la visibilidad reducida que podría resultar del uso de dicho equipo podrían convertir esta opción en problemática.

Acceso del adversario a nueva información

Además del riesgo de que se interfieran las señales, existe el riesgo de que los adversarios las intercepten y las utilicen. Las tecnologías que proporcionan acceso a los estados emocionales o cognitivos de un operador podrían ser un tesoro para la recopilación de inteligencia del adversario. Se dice que Rusia ha atacado los teléfonos inteligentes de los soldados de la OTAN para obtener información sobre las operaciones y la dotación de tropas, mientras que el gobierno chino ha pirateado los ordenadores de los contratistas militares para extraer datos muy sensibles sobre la futura guerra submarina.120 Las tecnologías BCI que permiten el acceso directo

El acceso a los cerebros de los miembros de las fuerzas armadas podría proporcionar a competidores casi iguales información valiosa sobre la disposición de las fuerzas estadounidenses, las fricciones organizacionales y las vulnerabilidades entre los propios miembros de las fuerzas armadas. El grado de vulnerabilidad de los cerebros de los operadores probablemente dependería de la fidelidad de la tecnología BCI empleada, la cantidad de información sensible a la que los operadores tuvieran acceso y la solidez de las contramedidas físicas y de comportamiento diseñadas para frustrar los intentos de piratería informática de los adversarios.

Nuevas áreas de exposición al daño o la influencia

Los participantes del equipo rojo señalaron que debido a que las tecnologías BCI pueden conectarse directamente al cerebro de un operador, pueden presentar nuevas áreas de explotación potencial. Las vulnerabilidades físicas probablemente serían más agudas con la variante invasiva de la tecnología. Ya se sospecha que ataques no convencionales causan lesiones cerebrales traumáticas a empleados del gobierno estadounidense en China y Cuba.121 Si los adversarios están experimentando actualmente con la alteración del cerebro humano a distancia utilizando frecuencias ultrasónicas, microondas u otros métodos, los implantes podrían proporcionar acceso directo al cerebro para causar daños. Así como es posible piratear un marcapasos o una bomba de insulina, es muy concebible -aunque en un futuro lejano- que alguien pueda piratear una BCI y enviar órdenes cognitivas o incluso pensamientos al cerebro.122

Los informes sobre propaganda rusa, mensajes de texto que buscan desmoralizar a soldados ucranianos individuales mediante amenazas e informes falsos de deserción de líderes ofrecen una idea de cómo la tecnología puede mejorar las tácticas de manipulación emocional. 123 El hackeo de las capacidades de BCI podría teóricamente proporcionar a los adversarios vías directas hacia los centros emocionales y cognitivos de los cerebros de los operadores para sembrar confusión o angustia emocional. En casos extremos, el hackeo por parte de un adversario de dispositivos BCI que influyen en la corteza motora de los operadores humanos podría teóricamente enviar instrucciones falsas o provocar acciones no deseadas, como fuego amigo, aunque tal influencia puede ser técnicamente difícil de lograr en el corto plazo. Incluso un ataque que degrade ampliamente las habilidades motoras gruesas podría resultar debilitante durante el combate.

Machine Translated by Google

Vulnerabilidades institucionales

Confianza

La investigación sobre BCI relacionada con las aplicaciones tácticas ha sido impulsada en gran medida por el "empujón" de los avances tecnológicos, en lugar del "tirón" de las solicitudes de capacidades BCI del ámbito militar. Algunos participantes en el juego sugirieron que era probable que los miembros del servicio se mostraran escépticos sobre la utilidad práctica de las tecnologías BCI. Aunque esta cuestión de confianza no es exclusiva de la tecnología BCI, debería ser un punto de atención para las políticas futuras. Aquellos con experiencia directa en infantería y combate cuerpo a cuerpo pueden ser más cautelosos con respecto a los posibles riesgos y desventajas de la tecnología debido a la necesidad de equilibrar la tecnología con la letalidad.124

La aceptación de la BCI también puede verse complicada por un fenómeno general al que la comunidad de bioética se refiere como el "factor de asco", en el que los nuevos avances en biotecnología provocan una respuesta emocional negativa.125 La falta de confianza probablemente sería más aguda en el caso de la BCI invasiva, que requiere alteraciones en el cuerpo humano y plantea riesgos para la salud, como infecciones. La confianza también podría verse influida por el alcance de la información a la que se accede mediante las tecnologías de la BCI.
Es posible que los miembros del servicio militar no quieran proporcionar al gobierno de Estados Unidos, ni a sus máquinas, acceso al funcionamiento interno de sus mentes.

Además, el ritmo potencial de toma de decisiones que permite la BCI (así como la delegación de tareas a la IA) puede generar inquietudes particulares entre los combatientes.126 Esas inquietudes podrían existir en un entorno impulsado por los avances tecnológicos incluso en ausencia de BCI. Algunas de esas inquietudes también podrían verse compensadas por la llegada de tecnologías civiles que empleen BCI, o cambios generacionales que den lugar a una fuerza para la que las tecnologías BCI y las intervenciones biotecnológicas sean más aceptables.127 En otras áreas de mejora humana, incluidos los fármacos en estudio, el modafinilo o la tDCS, las tecnologías y aplicaciones civiles han superado a las del Departamento de Defensa. Si esta tendencia continuara con la BCI, la adopción militar podría retrasarse plausiblemente con respecto a la adopción civil, lo que podría aumentar la confianza popular en la tecnología.

Por el contrario, una confianza excesiva en la tecnología BCI podría agravar las posibles vulnerabilidades operativas: a medida que se vuelvan dependientes de las tecnologías BCI, los combatientes podrían algún día ser incapaces de operar en sus Ausencia. Los participantes destacaron la necesidad de redundancia. Algunos ejemplos podrían incluir el mantenimiento de radios seguras para complementar la telepatía por computadora, asegurar que los miembros de las unidades militares sigan estando bien versados en las técnicas tradicionales de navegación y asegurar medios alternativos de comunicación con las máquinas en el campo de batalla.

Erosión de la cohesión de la unidad

A medida que los humanos se vayan entrelazando más estrechamente con las máquinas a través de la BCI, la tecnología podría tener profundas implicaciones para las relaciones interpersonales que tradicionalmente han desempeñado un papel preeminente en la lucha bélica. Las implicaciones pueden ser difíciles de predecir. Por un lado, la capacidad de percibir directamente los pensamientos y emociones de otros miembros de un equipo de combate podría aumentar la cohesión de la unidad. Por otro lado, hay evidencia de que los avances en las tecnologías de comunicación virtual que permiten "ataques coordinados en salas de chat" ya pueden reducir los vínculos emocionales y psicológicos entre los soldados.128 En la medida en que reemplazarían las interacciones tradicionales entre los miembros de una unidad militar, las futuras capacidades de BCI podrían alterar fundamentalmente la naturaleza de estas relaciones humanas.
Un uso creciente de la robótica y la IA en el combate podría agravar este desafío. De hecho, la investigación preliminar sobre robots en el campo de batalla ha indicado el desarrollo de un fuerte apego entre humanos y robots, o incluso un sentimiento de "autoextensión hacia el robot", que podría influir en la toma de decisiones operativas.129

En términos más generales, la introducción de nuevas tecnologías BCI plantea preguntas sobre la estructura futura

Es posible que los miembros del servicio militar no quieran proporcionar al gobierno de Estados Unidos, ni a sus máquinas, acceso al funcionamiento interno de sus mentes.

Machine Translated by Google

de la fuerza humana. ¿Cómo se ve una compañía o un pelotón cuando una parte o toda la fuerza está conectada neuronalmente a varios sistemas de armas, drones o robots? ¿Se integrarán estas capacidades o se asignarán a destacamentos especializados? ¿Cómo podría afectar la cohesión de la unidad el hecho de que los oficiales superiores puedan monitorear las emociones o incluso los pensamientos de los miembros del servicio y que algunos miembros de la unidad tengan acceso a las capacidades de BCI mientras que otros no?

Erosión del liderazgo de la unidad

Las tecnologías que permiten a los oficiales superiores monitorear y comunicarse directamente con los cerebros del personal de combate podrían potencialmente socavar el liderazgo efectivo a nivel de escuadrón, extendiendo la microgestión a nuevas fronteras. En una dinámica hipotética, las tecnologías BCI podrían exacerbar una tendencia existente hacia lo que se ha denominado el general táctico: los oficiales superiores, empoderados a través de nuevas tecnologías como las transmisiones por drones, pueden tender a usar estas tecnologías para ejercer un mayor control sobre los operadores en el campo.130 Las futuras tecnologías BCI que permitan la comunicación directa de cerebro a cerebro podrían potencialmente exacerbar esta dinámica, contribuyendo a un enfoque más robótico, menos adaptativo y resiliente para el liderazgo a nivel de unidad.

El liderazgo a nivel de unidad también podría verse amenazado por las tecnologías BCI que brindan a los altos mandos acceso a los estados fisiológicos, emocionales y cognitivos de los individuos. Tradicionalmente, el papel del líder de escuadrón ha sido comprender los estados físicos y emocionales de su equipo a través de meses de relaciones, evaluación, entrenamiento y experiencia en combate. Las tecnologías que permitieron a los oficiales superiores pasar por alto a los líderes a nivel de unidad y cuestionar sus juicios podrían estar socavando el liderazgo de la unidad en lugar de apoyarlo.

Riesgos éticos y legales

Hace dos décadas, los especialistas en ética de la biotecnología escribieron que "la implicación más aterradora de la tecnología [BCI] es la grave posibilidad de que facilite el control totalitario de los seres humanos... una preocupación primordial tiene que ver con quién controlará la tecnología y qué se programará". 131 Más recientemente, la National Biotechnology Association (NBCA) publicó un informe en el que se señala que "la implicación más aterradora de la tecnología [BCI] es la grave posibilidad de que facilite el control totalitario de los seres humanos... una preocupación primordial tiene que ver con quién controlará la tecnología y qué se programará". Los Institutos de Salud establecieron un grupo de trabajo sobre neuroética que se reúne periódicamente para considerar los desafíos éticos en el desarrollo o la aplicación de las neurotecnologías en general, incluida la BCI.132 A medida que las tecnologías de BCI avancen, los organismos gubernamentales que apoyan y utilizan las tecnologías necesitarán desarrollar sistemas para supervisar y gestionar el uso de la BCI para mitigar el abuso. Un estudio de la Academia Nacional de Ciencias, en particular, enfatiza la necesidad de redes de seguridad organizacionales en el desarrollo y la aplicación de futuras tecnologías de BCI.133 Esta sección explora dos cuestiones que merecen consideración ética y legal: las responsabilidades de un operador de BCI tanto durante como después del mandato militar, y las responsabilidades del operador de BCI por las acciones tomadas en co

Responsabilidad ante el operador del BCI

Los avances en materia de BCI requerirán que se consideren los riesgos para los operadores, algunos de los cuales se amplificarían en un contexto militar. Los riesgos potenciales para los operadores pueden ocurrir durante la investigación y el desarrollo, durante las operaciones e incluso mucho después de la exposición. Como sucede con cualquier avance biotecnológico, el gobierno de los Estados Unidos deberá prepararse para nuevas responsabilidades en cada etapa de uso. Un informe de 2014 de la Academia Nacional de Ciencias, encargado por la DARPA, comienza a abordar los riesgos potenciales asociados con el uso de neurotecnologías en un entorno militar, pero es probable que surjan preguntas adicionales a medida que las tecnologías avancen.134

La seguridad de las intervenciones basadas en la neurociencia representa una preocupación primordial para el gobierno de los Estados Unidos.135 Actualmente, los riesgos para la salud asociados con la BCI no se conocen por completo. Las técnicas invasivas pueden generar el debate público más intenso sobre los impactos en la salud, dado que requieren la implantación de un objeto extraño en un órgano importante y pueden conllevar riesgos inmediatos de infección por la cirugía.
Sin embargo, también se desconocen las implicaciones a largo plazo de las técnicas no invasivas.136

El grado en que las neurotecnologías representan cambios en el cerebro y el cuerpo humano tiene implicaciones tanto legales como éticas. Por estatuto, el Departamento de Defensa es responsable de cualquier cambio en el cuerpo de un veterano durante su tiempo de servicio. En la medida en que la BCI pueda cambiar la salud básica de un miembro del servicio a largo plazo, el gobierno de los EE. UU.

Machine Translated by Google

ser responsable de cualquier discapacidad relacionada con el servicio.137
Más allá de las implicaciones físicas de la tecnología en sí, la retirada de las capacidades "sobrehumanas" que ofrece la BCI (como el control de máquinas o la mejora cognitiva) podría provocar daños psicológicos del que sería responsable el gobierno estadounidense.

Dados los posibles riesgos de seguridad asociados con En el caso de las BCI, cualquier organismo del gobierno de los Estados Unidos que desarrolle y ponga en funcionamiento las tecnologías debería considerar cómo proteger el principio del consentimiento informado y voluntario de los operadores. El consentimiento para cualquier tecnología nueva y potencialmente riesgosa puede verse complicado por las "presiones competitivas y coercitivas" únicas del contexto militar.138 La limitada autonomía personal entre el personal militar, así como la falta de información sobre los riesgos para la salud a largo plazo, han llevado a algunos especialistas en ética fuera del gobierno a argumentar que las intervenciones de BCI, como las técnicas de estimulación cerebral no invasivas, son actualmente inadecuadas para un entorno militar o del sector de la seguridad.139

Dado que las tecnologías BCI podrían proporcionar acceso directo al cerebro humano, el gobierno de Estados Unidos tendrá que considerar las implicaciones para la privacidad y la libertad de los operadores.140 La libertad cognitiva es una preocupación relacionada con las mejoras neurológicas, porque, como ha articulado un bioeticista, "se refiere a un órgano que media la identidad humana".141 Dados estos desafíos, los especialistas en ética han propuesto cuatro derechos emergentes: "el derecho a la libertad cognitiva, el derecho a la privacidad mental, el derecho a la integridad mental y el derecho a la continuidad psicológica".142 Como es probable que pocos se ofrezcan como voluntarios para una misión que elimine permanentemente la privacidad personal, sería beneficioso para el Departamento de Defensa desarrollar políticas de privacidad significativas en torno al uso de BCI antes de adoptar la tecnología. En particular, ¿cómo podrían aplicarse los derechos a la privacidad mental y cognitiva en un entorno de combate? A largo plazo, ¿se anonimizarían los datos extraídos de los cerebros de los miembros del servicio a través de BCI? ¿Deberían caducar? Alternativamente, ¿podría usarse esta tecnología para identificar a los "súper guerreros" para formar futuras fuerzas de élite?

Los especialistas en ética también enfatizan la necesidad de una revisión institucional independiente, una capacitación adecuada y el cumplimiento de las pautas internacionales.143 El director del programa DARPA, Al Emondi, ha destacado algunas cuestiones éticas en torno a la BCI, anticipándose

Los especialistas en ética también destacan la necesidad de una revisión institucional independiente, una formación adecuada y el cumplimiento de las directrices internacionales.

que "si N3 tiene éxito… podríamos enfrentar cuestiones relacionadas con la agencia, la autonomía y la experiencia de la información que se comunica a un usuario". 144
Dentro del contexto militar, los servicios podrían considerar mecanismos de arbitraje para que los miembros del servicio y sus comandantes puedan discutir u objetar usos poco éticos o dañinos de la tecnología BCI.
Un mecanismo de ese tipo podría ubicarse fuera de la cadena de mando (similar al "canal de disenso" del Departamento de Estado), en un esfuerzo por contrarrestar algunas de las presiones institucionales de una organización altamente jerárquica.

Responsabilidad del operador de BCI Como sucede con muchas cuestiones éticas y legales, las responsabilidades no recaen sólo en la institución sino también en el individuo. La perspectiva de sistemas autónomos letales en el futuro campo de batalla, por ejemplo, ha dado lugar a un amplio debate sobre los posibles desafíos legales y éticos asociados a la responsabilidad humana por las leyes de la guerra, así como la necesidad de conservar la voluntad y la intención humanas en las decisiones de utilizar la fuerza.145
Como ha señalado un autor, cuando un sistema autónomo mata a no combatientes, ¿quién es responsable? ¿Los programadores de software que codificaron la identificación del objetivo, el oficial al mando del sistema, el comandante combatiente que autorizó la operación y el uso del sistema, o alguien más?146 Un concepto rector en este debate ha sido significativo
Control humano, es decir, que un ser humano debe tomar la decisión final sobre si matar o no a otro ser humano. Fue esta lógica la que impulsó al Departamento de Defensa

Machine Translated by Google

La BCI también puede contribuir a difundir la responsabilidad del operador.

desarrollar una directiva que requiera que los sistemas de armas autónomas permitan a los operadores ejercer "niveles apropiados de juicio humano sobre el uso de la fuerza". 147 Como propuso recientemente el Comité Internacional de la Cruz Roja, la participación humana debe ser del "tipo y grado de control que preserve la agencia humana y defienda la responsabilidad moral en las decisiones de usar la fuerza". 148 Sin embargo, significativo en este contexto a menudo puede ser ambiguo y debatible y, por lo tanto, debe revisarse a medida que surgen y avanzan nuevas tecnologías. 149

La incorporación de la IA en el campo de batalla y el ritmo cada vez más acelerado de las guerras futuras pueden hacer que sea cada vez más difícil garantizar que el Departamento de Defensa mantenga "niveles apropiados de juicio humano" en las decisiones sobre el uso de la fuerza. Como se señaló anteriormente, la BCI puede permitir que los humanos aceleren la toma de decisiones en un esfuerzo por mantener la relevancia operativa en un campo de batalla que incorpora IA.150 Si esto fuera técnicamente factible, no está claro que una decisión tomada dentro del marco de tiempo necesario permita un juicio moral y ético razonable.

La BCI también puede contribuir a la difusión de la responsabilidad del operador. Una vez que los humanos y las máquinas trabajen más estrechamente (a través de la BCI) para tomar decisiones sobre el uso de la fuerza durante el calor del combate, puede resultar más difícil determinar el significado de un control humano significativo o de "niveles apropiados de juicio humano". En la "cadena de muerte" militar tradicional, las decisiones pueden revertirse en cada etapa para determinar la culpabilidad legal y la "red de muerte" existente, en la que varias personas contribuyen a un error de decisión y nadie es finalmente declarado culpable.151 ¿Podría verse exacerbada esta dinámica por la toma de decisiones facilitada por la BCI, en la que los individuos comparten pensamientos y decisiones instantáneamente con las máquinas y entre sí?

Los posibles cambios cognitivos y emocionales asociados con las tecnologías BCI que modifican el cerebro humano plantean más preguntas sobre la responsabilidad del operador. Los especialistas en ética han llegado a la conclusión de que alterar los niveles de miedo y agresión en los miembros del servicio podría "exponer a los soldados, sus misiones y la sociedad en general a un mayor riesgo de lesiones o muerte". 152 Un informe de la Academia Nacional de Ciencias señala que la interrupción eléctrica de una región del cerebro puede reducir las inhibiciones de los soldados respecto de conductas moralmente problemáticas.153 Si estas regiones son estimuladas por BCI durante el curso del combate y resultan en atrocidades, el informe pregunta: "¿Cómo y bajo qué circunstancias podrían los soldados manipulados neuronalmente ser responsables de actividades que violan las leyes de la guerra?".154 Actualmente, un soldado está obligado a negarse a recibir una orden ilegal. ¿Sería más complicada la capacidad del soldado para negarse si las instrucciones vinieran directamente de un implante cerebral? Si es así, ¿cómo podría la erosión de la agencia personal –y la culpabilidad– influir aún más en la toma de decisiones de combate? Si bien parece poco probable que un escenario de este tipo surja en el futuro cercano o incluso a mediano plazo, es un elemento potencial de la trayectoria futura de la tecnología que tal vez deba considerarse.

Conclusiones y Recomendaciones

Resumen y hallazgos principales

El ex secretario de Defensa Ashton Carter ha observado que si bien "el ritmo acelerado de la innovación ya está generando grandes avances… sería una tontería dejar que la inercia marque la agenda". 155 Por ejemplo, las tecnologías BCI, desarrolladas en parte con fondos del Departamento de Defensa, han avanzado significativamente en los últimos años y es probable que sigan progresando, ya sea bajo los auspicios del gobierno, la academia o el sector privado. El gobierno estadounidense tiene, por lo tanto, la oportunidad de desempeñar un papel constructivo en las próximas décadas al apoyar elementos de la tecnología BCI que beneficien la seguridad nacional de Estados Unidos y tratar de mitigar los riesgos.

Este informe ha proporcionado una evaluación inicial de las posibles aplicaciones de la BCI en un entorno militar y ha destacado posibles cuestiones de política que deberían abordarse. Nuestro análisis y juego

Machine Translated by Google

El prototipo contribuyó a los debates incipientes sobre el grado en que las tecnologías BCI podrían abrir nuevas áreas de riesgo operativo durante el combate. Nuestro trabajo también consideró cómo una relación en evolución entre humanos y máquinas, facilitada por la BCI, podría alterar profundamente las estructuras y relaciones organizacionales militares existentes y plantear nuevos desafíos éticos y legales para el Departamento de Defensa.

Además de considerar cuestiones de política y el valor táctico potencial de la BCI, esta investigación produjo un enfoque sistemático para explorar las implicaciones de la tecnología emergente. Este enfoque, que incorporó la revisión de la tecnología, las consideraciones operativas y la deconstrucción de la tecnología (en un conjunto de capacidades prácticas) en un TTX para probar las implicaciones en el teatro de operaciones, es escalable y se puede aplicar a una variedad de tecnologías emergentes.

Nuestro juego y la investigación asociada indicaron que A pesar de las preocupaciones válidas, la BCI puede ser útil para futuras operaciones militares, incluso en el caso de prueba más difícil: el combate de la fuerza terrestre de infantería. Esta utilidad puede ser particularmente pronunciada una vez que la tecnología para aplicaciones militares de IA y robótica se desarrolle más, y una vez que los adversarios tengan acceso a estas capacidades. No obstante, la aplicación de la BCI respaldaría las iniciativas tecnológicas en curso del Departamento de Defensa, incluida la colaboración entre humanos y máquinas para mejorar la toma de decisiones, las operaciones asistidas por humanos y el trabajo en equipo avanzado de combate tripulado y no tripulado.

Por supuesto, como ocurre con la mayoría de los avances tecnológicos importantes, A medida que avanzan los esfuerzos de desarrollo y las adquisiciones, los requisitos deberán tener en cuenta dichos riesgos. La BCI está sujeta a la paradoja de la capacidad y la vulnerabilidad, con beneficios y riesgos contrapesados y, a medida que avanzan los esfuerzos de desarrollo y las eventuales adquisiciones, los requisitos deberán tener en cuenta dichos riesgos. La ciberseguridad será un riesgo significativo en el futuro, amplificado por el uso de BCI. Debido a que las redes cibernéticas afectan a casi todas las dimensiones de BCI, el desarrollo futuro de las capacidades de BCI tendrá que integrarse con las medidas de ciberseguridad asociadas. Nuestros conocimientos del juego sugirieron que, si bien la comunicación entre humanos tenía la mayor recompensa y la mayor cantidad de oportunidades de uso, también presentaba los mayores riesgos operativos y organizacionales. Los riesgos dependerán de si esta capacidad se puede activar y desactivar y utilizar de forma selectiva. El juego destacó Algunas ideas para mitigar los riesgos operativos, incluido el posible uso de blindaje EW integrado en el blindaje, redes seguras y medidas para garantizar que se preserven los métodos de respaldo tradicionales.

Recomendaciones

En el futuro, recomendamos que el gobierno de los EE. UU. realice más simulacros de seguridad nacional para evaluar más a fondo los riesgos y beneficios operativos de la tecnología BCI en combate, incluidas disposiciones para dominios y contingencias adicionales. Más allá de los riesgos operativos, el gobierno deberá abordar una posible falta de confianza en las tecnologías BCI, que es un problema que surgió durante el simulacro como un posible impedimento para su adopción por parte de las fuerzas armadas.
Esto, a su vez, exige una atención especial a la manera en que se implementa la BCI a medida que madura. Nuestro análisis del progreso tecnológico actual destacó el trabajo realizado en laboratorios académicos y del sector privado, y el gobierno de los Estados Unidos debería tratar de aprovechar el trabajo de ambos, especialmente ahora que el sector comercial domina cada vez más la I+D tecnológica. El desarrollo y la implementación de tecnologías BCI en el sector de la seguridad nacional requerirán una adaptación institucional a los operadores en cada etapa del proceso. A continuación, ofrecemos algunas sugerencias finales sobre cada uno de estos puntos.

Ampliar los análisis para iluminar la situación operativa Relevancia y vulnerabilidades

En las próximas décadas, será fundamental que las necesidades y los riesgos operativos, en lugar de las oportunidades técnicas, impulsen el desarrollo de la BCI. Para ayudar a satisfacer esta necesidad, desarrollamos un enfoque sistemático para evaluar las posibles aplicaciones operativas de la BCI y otras tecnologías militares en el horizonte. Durante las pruebas TTX, la combinación de la experiencia operativa con la experiencia tecnológica dio lugar a debates rigurosos y fructíferos, y este proceso debería reproducirse a mayor escala. Estos enfoques podrían complementar los ejercicios internos existentes, como el Ejercicio de Tecnología Naval Avanzada del Cuerpo de Marines, para explorar la utilidad práctica de la BCI y otras tecnologías potenciales para los futuros combatientes.

Al incorporar un equipo disruptivo y creativo de expertos de RAND, el juego también destacó

Machine Translated by Google

Es importante considerar cuestiones éticas y políticas antes de que las tecnologías emergentes maduren y se difundan.

Nuevas áreas potenciales de vulnerabilidad operativa, así como ideas iniciales para mitigarlas. Mientras el gobierno de los EE. UU. busca generar resiliencia desde las primeras fases del desarrollo de la BCI, métodos similares podrían ayudar a descubrir la gama completa de amenazas adversarias.

Más allá de BCI, los enfoques desarrollados en este proyecto piloto son escalables y podrían aplicarse a una variedad de tecnologías emergentes.

Abordar el déficit de confianza

Un tema importante que surgió del estudio fue que las barreras culturales a la BCI, en particular entre los miembros de las fuerzas de infantería, probablemente sean altas, y este es un tema común con muchas tecnologías nuevas y emergentes. Estas barreras se pueden mitigar con los siguientes pasos.

A medida que las capacidades de BCI se integran a la fuerza, es posible que inicialmente sean aceptadas más fácilmente entre los miembros del servicio que ya dependen en gran medida de las tecnologías de las máquinas y que experimentan mayores requisitos de interacción directa con computadoras o máquinas.

Durante el proceso de I+D en las próximas décadas, Las medidas no invasivas tienen menos probabilidades de encontrar resistencia cultural. También pueden ser más fáciles de revertir y controlar. De manera similar, el trabajo sobre aplicaciones médicas o terapéuticas puede ofrecer beneficios a corto plazo para los guerreros heridos de hoy y es probable que encuentre la menor resistencia cultural.

No es de sorprender que los miembros del servicio tengan más probabilidades de confiar en las capacidades que han sido debidamente examinadas y probadas antes de su uso. Por lo tanto, una vez que las capacidades de BCI

Se seguirán desarrollando sistemas de pruebas sólidas para detectar fallos en escenarios no combativos, incluido el entrenamiento y el procesamiento y análisis de datos, antes de introducirlos en combate, lo que ayudará a fortalecer la confianza y reducir el potencial de riesgos imprevistos.

Colaborar y anticiparse

La investigación para este proyecto destacó múltiples ejemplos en los que la financiación inicial del Departamento de Defensa para la investigación de laboratorio de BCI dio resultados satisfactorios. Es posible que se produzcan avances importantes en el futuro en el sector privado, y el gobierno de los EE. UU. debería tratar de aprovechar la I+D del sector privado cuando sea posible. Si se persiguen con cuidado, los avances del sector privado también pueden mejorar las brechas de confianza dentro del ejército: a medida que el público estadounidense comience a utilizar BCI, puede haber menos escepticismo sobre su uso en un entorno de seguridad nacional. A medida que la tecnología del sector privado avance y comience a aplicarse en la esfera militar, se deben considerar las Regulaciones sobre el Tráfico Internacional de Armas, las Regulaciones de Administración de Exportaciones y otras restricciones con respecto a BCI.

La propiedad intelectual de la BCI debe ser supervisada cuidadosamente por el Departamento de Defensa y el Departamento de Comercio durante estos primeros períodos de desarrollo.

A medida que la tecnología emergente se acelera, se vuelve cada vez más importante considerar los sistemas integrados y cómo las diferentes tecnologías dependen unas de otras.

La BCI podría resultar una herramienta importante para la integración de sistemas hombre-máquina, ya sea mejorando el análisis de big data, acelerando la toma de decisiones precisas o mejorando el control de exoesqueletos, enjambres de drones o sistemas semiautónomos. Sin embargo, existe el riesgo de que la investigación se realice de manera aislada sin tener en cuenta tecnologías emergentes adicionales y relacionadas. Por lo tanto, los esfuerzos de desarrollo actuales deben prever la disponibilidad futura de la BCI, incluso si sus aplicaciones todavía se encuentran en la fase de investigación básica.

Planifique con anticipación las implicaciones institucionales de BCI

Mientras el gobierno de los Estados Unidos se prepara para incorporar tecnologías BCI a las capacidades militares futuras, una planificación institucional adecuada ayudará a garantizar una implementación y una ejecución sin problemas. Es importante considerar cuestiones éticas y de políticas antes de que las tecnologías emergentes maduren y se difundan.

Machine Translated by Google

Durante la fase de investigación, será importante seguir integrando consideraciones éticas, legales y sociales en la financiación de la investigación. Actualmente, la DARPA exige que los equipos de investigación realicen análisis éticos para muchas subvenciones relacionadas con la BCI. Se debe continuar con un análisis interno riguroso más allá de la investigación básica durante todo el desarrollo, diseño y aplicación de nuevas tecnologías de BCI para uso en defensa y seguridad nacional. El gobierno de los EE. UU. debe seguir implementando las recomendaciones éticas de la Academia Nacional de Ciencias en el desarrollo y la implementación, en particular en lo que respecta a (1) cuestiones de consentimiento que son específicas de los miembros del servicio, (2) posibles implicaciones para la salud de la BCI invasiva, (3) consideraciones relacionadas con el rendimiento humano mejorado y (4) posibles riesgos para la privacidad.

A medida que las tecnologías BCI se difundan entre las instituciones de seguridad nacional, los servicios querrán identificar mecanismos claros de supervisión para el desarrollo y la aplicación de BCI. Dada la amplia gama de aplicaciones potenciales de BCI, existe un riesgo significativo de que se produzcan intersecciones con la I+D relacionada. Un mecanismo de supervisión a nivel de departamento, que posiblemente resida en la Oficina del Secretario de Defensa o en el Estado Mayor Conjunto, debería hacer un seguimiento y revisar los desarrollos de BCI para obtener la aprobación de los altos funcionarios del Departamento de Defensa. Una vez que la BCI se integre en los servicios, cada servicio podría considerar mecanismos de arbitraje coordinados fuera de la cadena de mando para permitir que los miembros del servicio y sus oficiales superiores discutan u objeten usos no éticos o dañinos de la tecnología BCI.

Por último, el Departamento de Defensa podría tener que planificar una serie de necesidades adicionales de atención a los combatientes y veteranos tras la incorporación de las tecnologías BCI. La BCI conlleva el potencial de nuevas dimensiones de los requisitos de atención, que podrían incluir la retirada de la BCI, las lesiones cerebrales, el trastorno de estrés postraumático y la atención continua de dispositivos invasivos a través del Departamento de Asuntos de Veteranos.

Apéndice. Diseño y ejecución del juego

El juego de mesa fue diseñado para responder a la pregunta: "¿Pueden las interfaces cerebro-computadora apoyar la seguridad nacional y la guerra futura y, si es así, cómo?"
Esta pregunta es adecuada para un juego por varias razones. Es fundamentalmente especulativa por naturaleza, porque no hay manera de capturar observaciones de capacidades tecnológicas futuras hoy. Por lo tanto, muchos enfoques empíricos, como la creación de prototipos y los experimentos de campo, son prematuros. En ausencia de datos de las primeras pruebas, los juegos representan una de las pocas formas de recopilar datos sobre una nueva tecnología en un entorno específico. También nos interesaban las cuestiones de la toma de decisiones humanas: si se les diera la opción de usar esta tecnología, ¿la tomarían los jugadores o preferirían depender de enfoques más tradicionales? Tal vez más importante, ¿por qué estaban tomando esas decisiones? A diferencia del modelado y la simulación, que pueden proporcionar una idea detallada de lo que la tecnología podría ser capaz de hacer, los juegos se centran en la toma de decisiones humanas y en cómo afectará en última instancia la utilidad de una nueva herramienta. Por último, los juegos proporcionan un foro para que varios expertos pongan en común su comprensión colectiva de una tecnología como la BCI que no se ha utilizado en un entorno operativo. Nuestro juego nos permitió sintetizar la experiencia de diferentes jugadores para obtener una imagen más completa de la que podrían proporcionar las entrevistas individuales por sí solas.

Selección de viñetas

A partir de nuestra revisión de la literatura, seleccionamos escenarios tácticos relacionados con operaciones urbanas para brindar un entorno desafiante para el juego. Varios criterios impulsaron esta selección. En primer lugar, las operaciones urbanas son un área de enfoque para la futura fuerza basada en

Tendencias globales. El análisis del Ejército de los EE. UU. ha destacado la urbanización de las poblaciones globales y el surgimiento de megaciudades como tendencias clave que pueden generar requisitos potenciales para el combate urbano.156 Tanto el Ejército como el Cuerpo de Marines están actualizando su doctrina de operaciones urbanas, y sus líderes han abogado públicamente por esfuerzos más centrados en las zonas urbanas.157

En segundo lugar, las operaciones urbanas son un área en la que a menudo se pone en evidencia el valor de la superioridad tecnológica.

Machine Translated by Google

Como señala la Publicación Conjunta 3-06, Operaciones Urbanas Conjuntas, “las ciudades pueden reducir las ventajas de la fuerza tecnológicamente superior”. 158

Finalmente, la selección del entorno urbano jugó con barreras culturales previamente identificadas. La infantería del Ejército y del Cuerpo de Marines probablemente fue la más escéptica respecto del valor de la BCI durante el combate. La infantería ha sido tradicionalmente la principal fuerza de combate en el entorno urbano, por lo que situar el juego allí proporcionaría una prueba sólida de algunas de las barreras culturales que podrían impedir el despliegue eficaz de la BCI.

En el limitado alcance de nuestra investigación piloto, sólo pudimos examinar un puñado de viñetas relacionadas con un tipo de operación. Dada esta restricción, optamos por adoptar una lógica similar a la del “caso crítico”. 159 Si el juego mostraba que la BCI era útil, incluso en lo que se proyectaba que serían situaciones difíciles, eso ofrecería evidencia de la utilidad potencial de la BCI en el campo de batalla. 160 Seleccionar un escenario estresante aumentó la probabilidad de un debate sólido sobre cómo y por qué la BCI era o no útil, lo que nos dio datos más ricos para explorar.

Proceso del juego

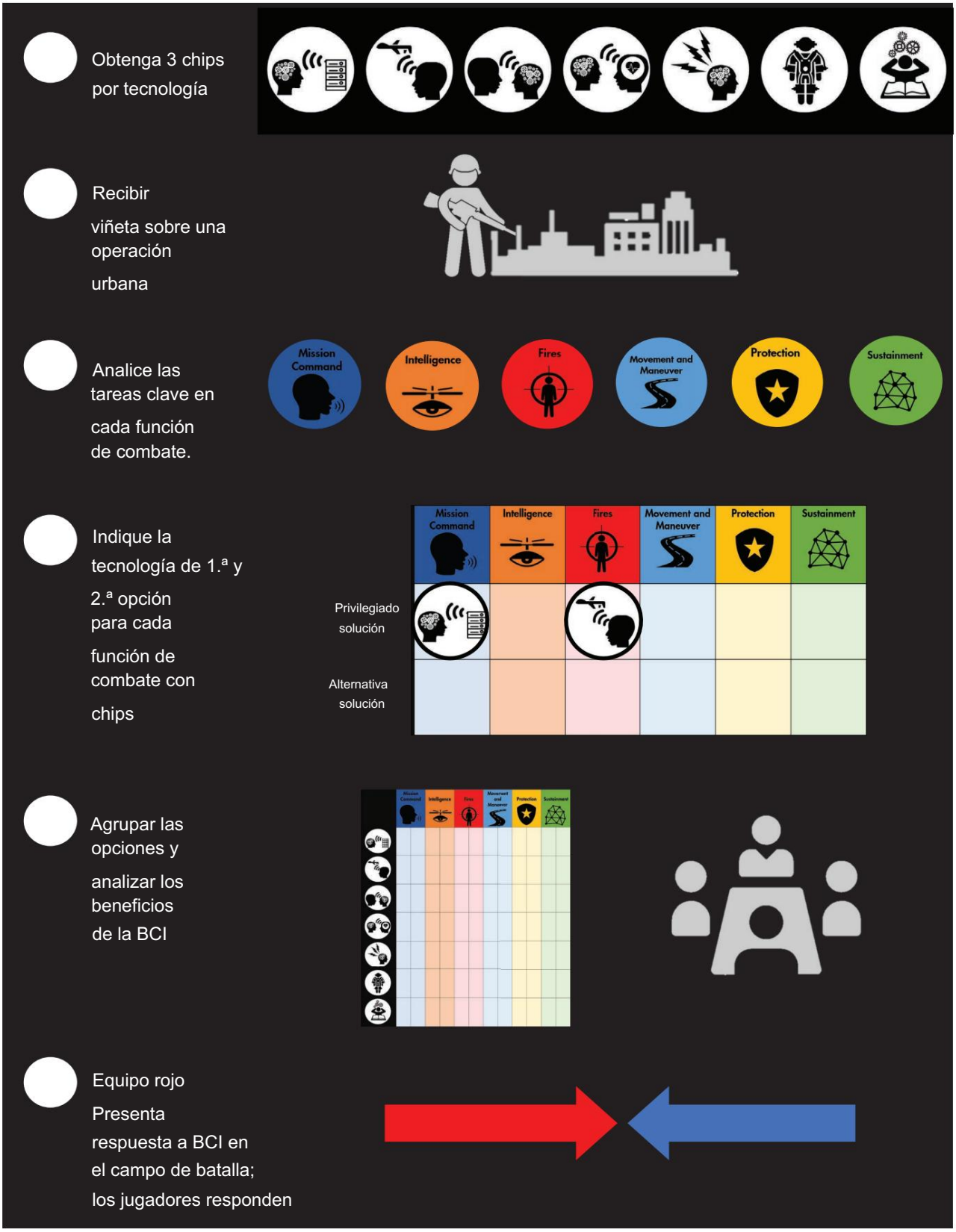
Nuestro juego se centró en que los jugadores decidieran qué aspecto o componente de la tecnología BCI utilizarían en un contexto operativo particular. Para cada una de las dos viñetas, el juego pasó por seis fases: (1) obtener fichas que representaran las capacidades BCI detalladas en la caja de herramientas, (2) recibir una viñeta táctica, (3) discutir las tareas que se deben completar en la viñeta, organizadas por funciones de combate, (4) como individuos, seleccionar qué capacidades BCI, si las hubiera, optarían los jugadores por emplear, (5) como grupo, discutir las selecciones para señalar áreas de alineación o aclarar áreas de desacuerdo, y (6) recibir comentarios de expertos sobre cómo los adversarios podrían explotar las capacidades BCI y discutir los riesgos del enfoque desarrollado en los pasos 4 y 5. La Figura A.1 proporciona una visualización del proceso del juego en su conjunto.

Las primeras tres etapas del juego fueron diseñadas para permitir que los jugadores desarrollaran un entendimiento común. En primer lugar, se presentó a los jugadores siete capacidades o herramientas de la caja de herramientas de la BCI (descritas en detalle en la sección “Prueba de las capacidades de la BCI mediante juegos de seguridad nacional”). Esto proporcionó a los participantes la oportunidad de obtener una comprensión común del alcance de la tecnología para asegurar términos de referencia compartidos. Cada herramienta de la caja de herramientas estaba representada por una ficha de póquer con un icono que la ilustraba. Luego se confrontó a los jugadores con una viñeta táctica y se les dio la oportunidad de discutir las tareas centrales asociadas con cada una de las funciones de combate conjunto: comando y control, inteligencia, fuegos, movimiento y maniobra, protección y sostenimiento.161 El uso de las funciones de combate conjunto aseguró que los participantes consideraran una amplia variedad de problemas, mientras que la discusión en grupo permitió un consenso sobre los tipos de tareas involucradas en cada área.

Los pasos cuarto y quinto se centraron en cómo pensaban los jugadores que se podría utilizar la BCI. Para cada función de combate, los jugadores habían seleccionado una o dos herramientas de la BCI que utilizarían. Los jugadores indicaban esta elección moviendo una ficha de póquer con el símbolo de la herramienta sobre un “mantel” individual, que mostraba cada función de combate (se muestra un ejemplo en el paso 4 de la Figura A.1). Los jugadores tenían la opción de no utilizar ninguna herramienta de la BCI y, en su lugar, depender de soluciones tradicionales, lo que se indicaba al no colocar ninguna ficha sobre el tapete. Los jugadores sólo tenían tres fichas para cada herramienta BCI, por lo que, si bien cada herramienta podía utilizarse más de una vez, los jugadores no podían utilizar la misma herramienta para abordar todas las funciones de combate. Después de que los participantes hubieran tenido la oportunidad de hacer sus selecciones, en la siguiente etapa, se presentaron ante el grupo y analizaron las similitudes y diferencias clave entre sus selecciones. Esto brindó una oportunidad para aclarar las diferencias en la comprensión e identificar tendencias en las preferencias de los jugadores

Machine Translated by Google

FIGURA A.1
Proceso BCI TTX


Obtenga 3 chips por tecnología
Recibir viñeta sobre una operación urbana
Analice las tareas clave en cada función de combate.
Mission Command
Intelligence
Fires
Movement and Maneuver
Protection
Sustainment
Indique la tecnología de 1.ª y 2.ª opción para cada función de combate con chips
Privilegiado solución
Alternativa solución
Agrupar las opciones y analizar los beneficios de la BCI
Equipo rojo Presenta respuesta a BCI en el campo de batalla; los jugadores responden

Machine Translated by Google

Notas

1 Nick Stockton, “Mujer controla un simulador de avión de combate usando solo su mente”, Wired, 5 de marzo de 2015.

2 Michael Joseph Gross, “El impulso del Pentágono para programar los cerebros de los soldados”, The Atlantic, noviembre de 2018.

[3] MO Krucoff, S. Rahimpour, MW Slutzky, VR Edgerton y DA Turner, “Mejora de la recuperación del sistema nervioso mediante neurobiología, entrenamiento de interfaz neuronal y neurorrehabilitación”, Frontiers in Neuroscience, vol. 10, diciembre de 2016, pág. 584.

4 William Eliason, “Una entrevista con Robert Work”, Joint Force Quarterly 84, 26 de enero de 2017.

5 Mark Pomerleau, “La estrategia del Departamento de Defensa para la tercera fase de defensa: lo que el hombre y la máquina pueden hacer juntos”, Defense Systems, 4 de mayo de 2016; Aaron Mehta, “El trabajo describe los pasos clave en el desarrollo de la tecnología de la tercera fase de defensa”, Defense News, 14 de diciembre de 2015; Jason Sherman, “El Departamento de Defensa revela áreas tecnológicas que impulsarán la 'tercera fase de defensa' en inversiones y experimentación” , Inside Defense, 9 de diciembre de 2015.

6 Sydney Freedberg, “Centaur Army: Bob Work, Robotics, and the Third Offset Strategy”, blog Breaking Defense, 2015. Véase también Arwen H. DeCostanza, Amar R. Marathe, Addison Bohannon, A.
William Evans, Edward T. Palazzolo, Jason S. Metcalfe y Kaleb McDowell, “Mejorar el trabajo en equipo entre humanos y agentes con tecnologías adaptativas e individualizadas: un debate sobre cuestiones científicas críticas”, Dirección de Investigación e Ingeniería Humana, Laboratorio de Investigación del Ejército, mayo de 2018.

7 Tim Marler, “La propiedad intelectual estadounidense”, Real Clear Defense, 19 de diciembre de 2017.

8 Pomerleau, 2016; Mehta, 2015; Sherman, 2015.

9 Daniel Cebul, “DARPA quiere conectar cerebros humanos y máquinas”, TechWatch, 19 de marzo de 2018.

10 Sydney Freedberg, “Iron Man, no Terminator: las inspiraciones de ciencia ficción del Pentágono”, blog Breaking Defense , 3 de mayo de 2016.

11 Freedberg, 2016.

12 Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, “Programa de Diseño de Sistemas de Ingeniería Neural (NESD)”, comunicado de prensa, 19 de enero de 2015.

13 AF Salazar-Gomez, J. Del Preto, S. Gil, FH Guenther y D. Rus, “Corrección de errores de robots en tiempo real usando señales EEG”, Conferencia internacional IEEE sobre robótica y automatización (ICRA) de 2017, Singapur, julio de 2017.

[14] CS Nam, A. Nijholt y F. Lotte, Manual de interfaces cerebro-computadora, Boca Raton, Florida: CRC Press, 2018.

15 La Sociedad Internacional BCI fue fundada en 2015.

16 El primer número de la revista Journal of Brain-Computer Interfaces Fue publicado en 2014.

17 Douglas Fox, “Las células cerebrales se comunican con pulsos mecánicos, no con señales eléctricas”, Scientific American, 1 de abril de 2018.

[18] H. Berger, “Ueber das Elektroenkephalogramm des Menschen”, Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, vol. 87, 1929, págs. 527–570.

[19] JJ Vidal, “Hacia la comunicación directa cerebro-computadora”, Revista anual de biofísica y bioingeniería, vol. 2, 1973, págs. 157-180.

20 Hay algunas señales no eléctricas que también se amortiguan. Por ejemplo, los sistemas de espectroscopia de infrarrojo cercano funcional utilizan luz para medir la actividad cerebral.

21 “The BRAIN Initiative”, página de inicio, sin fecha-a.

22 “¿Qué es la Iniciativa BRAIN?”, artículo de blog, Consejo de Ciencia y Tecnología de Chicago, 24 de septiembre de 2015.

23 Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, “Hacia una interfaz neuronal implantable de alta resolución”, comunicado de prensa, 10 de julio de 2017.

24 Patrick Tucker, “El ejército está alterando los límites del desempeño humano”, The Atlantic, 14 de julio de 2017.

[25] Roger Mola, “Super Helmet: Los pilotos del F-35 obtienen visión de rayos X y Otros poderes mágicos”, Revista Air & Space, septiembre de 2017.

[26] M. Hajinoroozi, Z. Mao y Y. Huang, “Predicción de la conducción Estados de somnolencia y alerta a partir de señales EEG con aprendizaje profundo”, 2015 IEEE Sixth International Workshop on Computational Advances in Multi-Sensor Adaptive Processing (CAMSAP), Cancún, 13-16 de diciembre de 2015, págs. 493-496; Sara Reardon, “Brain Implants for Mood Disorders Tested in People”, Nature, vol. 551, 30 de noviembre de 2017, pág. 549.

[27] S. Chen, “'Olvídense de la filtración de Facebook': China está extrayendo datos “Directamente de los cerebros de los trabajadores a escala industrial”, South China Morning Post, 29 de abril de 2018.

28 Stockton, 2015; M. Kryger, B. Wester, EA Pohlmeyer, M. Rich, B. John, J. Beaty, M. McLoughlin, M. Boninger y EC Tyler-Ka-bara, “Simulación de vuelo utilizando una interfaz cerebro-computadora: un estudio piloto”, Experimental Neurology, vol. 287, 2017, págs. 473–478.

29 AF Salazar-Gomez, J. Del Preto, S. Gil, FH Guenther y D. Rus, “Corrección de errores de robots en tiempo real usando señales EEG”, Conferencia internacional IEEE sobre robótica y automatización (ICRA) de 2017, Singapur, julio de 2017, págs. 6570–6577.

30 Laboratorio de Control y Robótica Orientada al Humano, “Proyecto de investigación 1: Interacción cerebro-enjambre e interfaces de control”, página web, Universidad de Delaware, sin fecha; Karavas, George, Daniel T.
Larsson y Panagiotis Artemiadis, “Una interfaz híbrida cerebro-máquina para el control de enjambres robóticos: resultados preliminares”,
Conferencia internacional IEEE/RSJ 2017 sobre robots y sistemas inteligentes (IROS), Vancouver, Canadá, 24 al 28 de septiembre de 2017, págs. 5065–5075; A. Beall, “Los drones que vuelan usando control mental: enjambres de vehículos aéreos no tripulados desarrollados para el ejército estadounidense podrían guiarse por ondas cerebrales”, Daily Mail, 19 de julio de 2016.

[31] J. Dearen, “Los drones controlados mentalmente avanzan hacia el futuro”, Associated Press, 2016.

32 Chethan Pandarinath, Paul Nuyujukian, Christine H. Blabe, Brittany L. Sorice, Jad Saab, Francis R. Willett, Leigh R. Hochberg, Krishna V. Shenoy y Jaimie M. Henderson, “Comunicación de alto rendimiento entre personas con parálisis mediante una interfaz cerebro-computadora intracortical”, eLife, vol. 6, 21 de febrero de 2017.

Machine Translated by Google

33 Stanford Medicine News Center, “El avance en la interfaz cerebro-computadora permite a las personas con parálisis escribir de forma rápida y precisa”, comunicado de prensa, 21 de febrero de 2017.

34 A. Regalado, “Reversing Paralysis”, MIT Tech Review, 22 de febrero de 2017; Marco Bonizzato, Galyna Pidpruzhnykova, Jack Digiovanna, Polina Shkorbatova, Natalia Pavlova, Silvestro Micera y Grégoire Courtine, “Brain-Controlled Modulation of Spinal Circuits Improves Recovery from Spinal Cord Injury”,

Nature Communications, vol. 9, núm. 1, 2018, pág. 3015.

35 Regalado, 2017.

36 M. Parman, “El brazo robótico avanza hacia el éxito”, Johns
Boletín de noticias de Hopkins, 31 de enero de 2013; SN Flesher, JL
Collinger, ST Foldes, JM Weiss, JE Downey, EC Tyler-Ka-bara, SJ Bensmaia, AB Schwartz, ML Boninger y RA
Gaunt, “Microestimulación intracortical de la corteza somatosensorial humana”,
Science Translational Medicine, vol. 8, 19 de octubre de 2008.
2016.

37 EA Pohlmeyer, M. Fifer, M. Rich, J. Pino, B. Wester, M.
Johannes, C. Dohopolski, J. Helder, D. D'Angelo, J. Beaty, S.
Bensmaia, M. McLoughlin y F. Tenore, “Más allá del control antropomórfico intuitivo: logros recientes utilizando tecnologías de interfaz cerebro-computadora”, en T. George, AK Dutta y S. Islam, eds., Sensores, sistemas y aplicaciones de micro y nanotecnología IX, Actas de SPIE (Sociedad de Ingenieros de Instrumentación Fotoóptica), 2017.

38 S. Saproo, J. Faller, V. Shih y P. Sajda, “Computación acoplada corticalmente: un nuevo paradigma para la interacción sinérgica entre humanos y máquinas”, Computer, vol. 45, septiembre de 2016.

39 Darrell Etherington, “Elon Musk pronto podría compartir más sobre su plan para ayudar a los humanos a mantenerse al día con la IA”, TechCrunch, 25 de enero de 2017.

40 A. Kharpal, “Elon Musk: Los humanos deben fusionarse con las máquinas o volverse irrelevantes en la era de la IA”, CNBC Tech Transformers, 13 de febrero de 2017; N. Statt, “Elon Musk lanza Neuralink, una empresa para fusionar el cerebro humano con la IA”, The Verge, 27 de marzo de 2017b.

41 DARPA, “Progreso en la búsqueda para desarrollar una prótesis de memoria humana”, comunicado de prensa, 28 de marzo de 2018; Tristan McClure-Beg-ley, “Restaurando la memoria activa”, Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, página web, sin fecha a.

42 “Sistema de memoria protésica exitoso en humanos”, Neuro-science News, vol. 15, 28 de marzo de 2018; RE Hampson, D. Song, BS Robinson, D.
Fetterhoff, AS Dakos, BM Roeder, X. She, RT Wicks, MR Witcher, DE Couture, AW Laxton, H. Munger-Clary, G. Popli, MJ Soliman, CT Whitlow, VZ

Marmarelis, TW Berger y SA Deadwyler, “Desarrollo de una prótesis neuronal hipocampal para facilitar la codificación y el recuerdo de la memoria humana”, Journal of Neural Engineering, vol. 15, n.º 3, junio de 2018.

43 H. Zhao, L. Qiao, D. Fan, S. Zhang, O. Turel, Y. Li, J. Li, G.
Xue, A. Chen y Q. He, “Modulación de la actividad cerebral con estimulación transcraneal de corriente directa no invasiva (tDCS): aplicaciones clínicas y preocupaciones de seguridad”, Frontiers in Psychology, vol. 8, 2017, pág. 685.

44 P. Dockril, “El ejército de Estados Unidos está trabajando en tecnología que podría “Convertir a los soldados en cyborgs”, Science Alert, 22 de enero de 2016;
T. Hatmaker, “DARPA otorga 65 millones de dólares para desarrollar la interfaz cerebro-computadora bidireccional perfecta y diminuta”, TechCrunch, 10 de julio de 2017.

45 Al Emondi, “Diseño de sistemas de ingeniería neuronal (NESD)”,
Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, página web, sin fecha.

46 Cebul, 2018.

47 RPN Rao, A. Stocco, M. Bryan, D. Sarma, TM Youngq-uist, J. Wu y CS Prat, “Una interfaz directa de cerebro a cerebro en humanos”, PLOS ONE, vol. 9, n.º 11, 5 de noviembre de 2014.

48 L. Jiang, A. Stocco, DM Losey, JA Abernethy, CS Prat,
y RPN Rao, “BrainNet: una interfaz cerebro a cerebro multipersonal para la colaboración directa entre cerebros”, Scientific Reports, vol. 9, 2019, pág. 6115.

49 M. Pais-Vieira, M. Lebedev, C. Kunicki, J. Wang y MAL
Nicolelis, “Una interfaz de cerebro a cerebro para compartir información sensoriomotora en tiempo real”, Scientific Reports, vol. 3, 2013, pág. 1319.

50 SS Yoo, H. Kim, E. Filandrianos, SJ Taghados y S.
Park, “Interfaz cerebro-cerebro no invasiva (BBI): establecimiento de vínculos funcionales entre dos cerebros”, PLOS ONE, vol. 8, n.º 4, 2013.

51 IH Stevenson y KP Kording, “Cómo los avances en el registro neuronal afectan el análisis de datos”, Nature Neuroscience, vol. 14, 2011, págs. 139-142.

52 Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, 2017.

53 Samuel Moore, “La red inalámbrica acerca los implantes cerebrales del tamaño de polvo a un paso más”, IEEE Spectrum, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 14 de mayo de 2019.

54 Paradromics, “Un nuevo paradigma en la grabación neuronal”, comunicado de prensa, 7 de enero de 2020.

55 Director de Información, “Recomendaciones de políticas del Departamento de Defensa para la Internet de las cosas (IoT)”, Departamento de Defensa de los Estados Unidos, Washington, DC, 2016; M. Weisgerber, “Una Fuerza Aérea con poco personal quiere que los robots hagan más trabajos humanos”, Defense One, 2017.

56 V. Machi, “Internet de las cosas para proporcionar inteligencia a “Guerra urbana”, Defensa Nacional, 22 de enero de 2018a.

57 Bruto, 2018.

58 N. Statt, “Kernel está intentando hackear el cerebro humano, pero la neurociencia tiene un largo camino por recorrer”, The Verge, 22 de febrero de 2010. 2017a.

59 Estado, 2017b.

60 Paradromics, página de inicio, sin fecha.

61 S. Samuel, “Facebook está desarrollando tecnología para leer tu mente. “Las implicaciones éticas son asombrosas”, Vox, 5 de agosto de 2019.

62 Stephan Waldert, “Señales neuronales invasivas y no invasivas para interfaces cerebro-máquina: ¿prevalecerá una?”, Frontiers in
Neurociencia, Vol. 10, 27 de junio de 2016, pág. 295.

63 Cebul, 2018.

64 Lawrence Freedman, El futuro de la guerra: una historia, Nueva York: Hachette Book Group, 2017, pág. xxi.

Machine Translated by Google

65 Hombre libre, 2017.

66 John D. Winkler, Timothy Marler, Marek N. Posard, Raphael S. Cohen y Meagan L. Smith, Reflexiones sobre el futuro de la guerra y las implicaciones para las políticas de personal de los EE. UU. Departamento de Defensa, Santa Mónica, California: RAND Corporation, PE-324-OSD, 2019.

67 Peter Roberts, “El futuro entorno operativo de los conflictos hasta 2030”, Royal United Services Institute, Occasional Papers, 3 de junio de 2019.

68 “El futuro de la guerra”, Center for New American Security, sitio web, sin fecha.

69 Alianza Tecnológica Colaborativa de Cognición y Neuroergonomía, “Visión”, página web, sin fecha.

70 Jim Nash, “En la niebla de la batalla, sensores acústicos localizan disparos midiendo el movimiento del aire”, Scientific American, 30 de abril de 2013; Kelsey Atherton, “Un rastreador de drones dedicado ahora puede detectar enjambres de robots”, C4ISR.net, 20 de septiembre de 2018; Lori Aratani, “Funcionarios revelan nuevo sistema de reconocimiento facial en el Aeropuerto Internacional Dulles”, Washington Post, 7 de septiembre de 2018; Jamie Condliffe, “Los grandes inversores apuestan por las empresas emergentes de reconocimiento facial de China”, New York Times, 24 de julio de 2018.

71 Adam Stone, “La Internet de las cosas del campo de batalla dependerá de redes modernizadas”, C4ISR.net, 3 de agosto de 2018.

72 Winkler y otros, 2019.

73 Jim Lester y Russell Vieira, “Nube de combate de la Fuerza Aérea de EE. UU. Concepto operativo”, marzo de 2016, citado en Aaron Kiser et al., The Combat Cloud: Multidomain Command and Control Across the Range of Military Operations, Air Command and Staff College, Air University, Maxwell Air Force Base, Ala., marzo de 2017. Véase también V. Machi, “Air Force Wants Platforms Built with Connectivity in Mind”, National Defense, 23 de febrero de 2018b.

74 Comité de Metodología Militar y de Inteligencia para Investigación emergente en neurociencia cognitiva y neuropsicológica en las próximas dos décadas, Neurociencia cognitiva emergente y tecnologías relacionadas, Washington, DC: The National Academies Press, 2008.

75 Mark Pomerleau, “Cómo la inteligencia artificial pasó de ser una ventaja a una amenaza mundial”, C4isr.net, 4 de abril de 2018.

76 “Estrategia de sistemas robóticos y autónomos”, Cuartel General, Departamento del Ejército, Washington, DC, marzo de 2017.

77 Eliason, 2017.

78 Elsa Kania, “Singularidad del campo de batalla: Inteligencia artificial, revolución militar y el futuro poder militar de China”, Center for New American Security, noviembre de 2017, pág. 29.

79 Paul Scharre, Army of None: Armas autónomas y el futuro de la guerra, Nueva York: WW Norton & Company, 2018, pág. 326.

80 Todd South, “Tácticas de enjambre de drones se ponen a prueba para que la infantería las use en el espacio de batalla urbano”, Army Times, 8 de enero de 2018.

81 Shawn Snow, “Tierra de nadie: cómo las nuevas tácticas y los robots impulsarán a los marines a involucrarse más en la lucha”, Marine Corps Times, 8 de agosto de 2018.

82 Peng Yuan, Yijun Wang, Lian Gao, Tzyy-Ping Jung y Xiaorong Gao, “Una interfaz colaborativa cerebro-computadora para acelerar la toma de decisiones humanas”, en C. Stephanidis y M. Antona, eds., Acceso universal en interacción hombre-computadora: métodos de diseño, herramientas y técnicas de interacción para la eInclusión, Lecture Notes in Computer Science, Berlín: Springer, vol. 8009, 2013, págs. 672–681.

83 Jack Corrigan, “El Pentágono quiere llevar tecnología controlada por la mente a las tropas”, Nextgov.com, 17 de julio de 2018.

84 Carl Governale, “Las interfaces cerebro-computadora son un punto de inflexión”, Real Clear Defense, 31 de agosto de 2017.

85 Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, “N3 Proposers Day”, comunicado de prensa, 3 de abril de 2018.

86 El arte de la pintura

87 Amir Husain, Hiperguerra: conflicto y competencia en el siglo de la IA, Austin, Texas: SparkCognition, 2018.

88 Scharre, 2018, pág. 321.

89 Corrales, 2018.

90 PW Singer, Wired for War: La revolución robótica y el conflicto en el siglo XXI, Nueva York: Penguin Press, 2009, pág. 126.

91 Hoja informativa sobre “Brain Swarm Interface (BSI)”, Laboratorio de sistemas multirobot, Universidad de Boston, sin fecha.

92 Patrick Tucker, “La telepatía actual está un paso más cerca del campo de batalla”, Defense One, 2 de septiembre de 2014.

93 Katie Drummond, “El Pentágono prepara el impulso telepático para los soldados” Wired, 14 de mayo de 2009.

94 Patrick Cutter, “The Shape of Things to Come: The Military Benefits of the Brain-Computer Interface in 2040”, informe de investigación para la Maestría en Artes y Ciencias Operacionales, Base de la Fuerza Aérea Maxwell, Alabama, abril de 2015.

95 Noah Shachman, “Las computadoras lectoras de mentes del Pentágono se replican”, Wired, 18 de marzo de 2008.

96 Alianza tecnológica colaborativa en cognición y neuroergonomía, sin fecha.

97 “Cognition and Neuroergonomics Collaborative Technology Alliance August 2010”, diapositivas informativas para los Laboratorios de Investigación del Ejército de EE. UU. y el Comando de Investigación, Desarrollo e Ingeniería, agosto de 2010.

98 DD Langleben, J. Loughead, WB Bilker, K. Ruparel, A. Childress, SI Busch y R. Gur, “Decir la verdad de la mentira en sujetos individuales con fMRI relacionada con eventos rápidos”, Human Brain Mapping, vol. 26, n.º 4, diciembre de 2005.

Esta posible aplicación fue identificada en el Comité de Metodología Militar y de Inteligencia para la Investigación Emergente en Ciencias Neuropsicológicas y Cognitivas en las Próximas Dos Décadas, 2008.

100 Jonathan Moreno, Mind Wars: Brain Science and the Military in the 21st Century, Nueva York: Bellevue Literary Press, 2012, pág. 144. Moreno aborda el estado del arte de 2012 de un chip de “prótesis cerebral”, alteraciones genéticas que teóricamente podrían

Machine Translated by Google

mejorar la cognición y la estimulación eléctrica a través de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) (págs. 143-149).

[101] Murray Carpenter, “Dentro del laboratorio loco donde el ejército “Agrega cafeína a sus raciones”, Wired, 14 de marzo de 2014.

[102] J. Nelson, RA McKinley, C. Phillips, L. McIntire, C. Good-year, A. Kreiner y L. Monforton, “Los efectos de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) en la capacidad de rendimiento multitarea”, Frontiers in Human Neuroscience, 29 de noviembre de 2016.

103 Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, “Impulsar la plasticidad sináptica para acelerar el aprendizaje”, comunicado de prensa, 16 de marzo de 2016.

104 “Anuncio general de la agencia: Entrenamiento específico en neuroplastia (TNT)”, número de solicitud DARPA-SN-16-20, Oficina de Tecnologías Biológicas de DARPA, 1 de abril de 2016.

105 Eric Van Gieson, “Recetas eléctricas (ElectRx)”, Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, sitio web, sin fecha. Patrick Cutter también señala este punto en la página 24 de Cutter, 2015.

[106] Ben Connable, Michael J. McNerney, William Marcellino, Aaron Frank, Henry Hargrove, Marek N. Posard, S. Rebecca Zimmerman, Natasha Lander, Jasen J. Castillo, James Sladden, Anika Binnendijk, Elizabeth M. Bartels, Abby Doll, Rachel Tecott, Benjamin J. Fernandes, Niklas Helwig, Giacomo Persi Paoli, Krystyna Marcinek y Paul Cornish, Voluntad de luchar: regreso a los fundamentos humanos de la guerra, Santa Mónica, California: RAND Corporación, RB-10040-A, 2019.

La posible eliminación del miedo a través de la neurociencia se aborda en Moreno, 2012, pp. 149-151.

[108] Bruto, 2018.

109 El programa TNT busca “impulsar la señalización neuroquímica en el cerebro que media la plasticidad neuronal y facilita la retención a largo plazo de nuevas habilidades cognitivas”. Tristan McClure-Begley, “Targeted Neuroplasticity Training (TNT)”, Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, página web, sin fecha b.

[110] JJ Vidal, “Mañana soldado: el ejército está alterando el Limits of Human Performance”, Defense One, 12 de julio de 2017; Y. Tadjdeh, “Las 10 principales necesidades tecnológicas de SOCOM: biotecnología”, Defensa Nacional, mayo 2018.

[111] Brian Wang, “El exoesqueleto de operaciones especiales TALOS hoy y Planes para divisiones de exoesqueleto en la década de 2030”, nextBIG Future, 5 de noviembre de 2018.

[112] Bing West, “Urban Warfare, Then and Now”, The Atlantic, 30 de junio de 2018, citado en Todd South, “The Future Battlefield: Army, Marines Prepare for 'Massive' Fight in Megacities”, Military Times, 6 de marzo de 2018b.

113 Como se describe con más detalle en el apéndice, los jugadores siempre tenían la opción de jugar con una tecnología no especificada, no BCI. Se les dijo a los jugadores que asumieran que este chip representaba una extensión de los enfoques actuales; por ejemplo, la función C2 podría proporcionarse mediante una radio mejorada con mayor alcance y claridad.
Sin embargo, debido a que la alternativa tecnológica no estaba completamente desarrollada para los jugadores, existe cierto riesgo de que este enfoque haya influido en el uso de tecnologías BCI.

[114] Publicación de guerra del Cuerpo de Marines 12-1-B.1, Operaciones militares en terreno urbano (MOUT), Washington, DC: Cuartel general del Cuerpo de Marines de EE. UU., 2 de mayo de 2016, págs. C6–C8.

115 Elliot Ackerman, “Reaprendiendo las tácticas de las tropas de asalto: la batalla de Faluya”, Marine Corps Gazette, septiembre de 2006.

[116] Scott Cuomo, “El 'ángel guardián' del secretario Mattis y cómo “La aviación del Cuerpo de Marines puede volver al objetivo”, blog War on the Rocks , 20 de julio de 2017.

117 Ackerman, 2006.

[118] L. Andrews y J. MacDonald, “Cinco costos de la innovación militar” “Vación”, blog War on the Rocks , 18 de febrero de 2016.

[119] 1994.

120 Thomas Grove, Julian Barnes y Drew Hinshaw, “Rusia apunta a los teléfonos inteligentes de los soldados de la OTAN, dicen funcionarios occidentales”, Wall Street Journal, 4 de octubre de 2017; Ellen Nakashima y Paul Sonne, “China hackeó a un contratista de la Armada y obtuvo un tesoro de datos altamente sensibles sobre la guerra submarina”, Washington Post, 8 de junio de 2018.

121 William J Broad, “Las armas de microondas son los principales sospechosos de los problemas de los trabajadores de la embajada de Estados Unidos”, New York Times, 1 de septiembre de 2018; Emily Rauhala y Carol Morello, “El Departamento de Estado advierte a ciudadanos estadounidenses en China después de que un empleado sufriera un posible ataque sónico”, Washington Post, 23 de mayo de 2018.

122 “Cómo se pueden piratear dispositivos médicos como marcapasos y bombas de insulina”, CBS News, 8 de noviembre de 2018.

123 “Mensajes de texto siniestros revelan un frente de alta tecnología en la guerra de Ucrania”, Voice of America News, 11 de mayo de 2017.

124 Shawn Snow, “Mejorar la capacidad de respuesta: nueva tecnología sofisticada significa mayor responsabilidad y mayor carga”, Marine Corps Times, marzo de 2018.

[125] L. Niemela, “¿Qué es lo que le da el ‘asco’ al ‘factor asco’?” Bioética, Vol. 25, No. 5, junio 2011, págs. 267–279.

126 Matthew Cox, “El Ejército quiere tecnología de aviación autónoma, pero ¿confían en ella los pilotos?”, Military.com, 6 de septiembre de 2018.

127 “Miles de suecos están insertando microchips bajo sus Piel”, National Public Radio, All Things Considered, 22 de octubre de 2008. 2018.

[128] Cantante, 2009, pág. 335.

129 Julie Carpenter, Cultura e interacción humano-robot en espacios militarizados: una historia de guerra, Abingdon, Reino Unido: Routledge, 2016.

[130] Cantante, 2009, pág. 335.

131 Ellen M. McGee y GQ Maguire, Jr., “Evaluación ética de chips cerebrales implantables”, artículo presentado en el XX Congreso Mundial de Filosofía, Boston, Massachusetts, del 10 al 15 de agosto de 2008. 1998.

132 Iniciativa BRAIN, “Grupo de trabajo sobre neuroética”, página web, sin fecha-b.

133 Consejo Nacional de Investigaciones y Academia Nacional de Ingeniería, tecnologías emergentes y fácilmente disponibles y Seguridad nacional: un marco para abordar cuestiones éticas, legales y

Machine Translated by Google

y cuestiones sociales, Washington, DC: The National Academies Press, 2014.

134 Consejo Nacional de Investigaciones y Academia Nacional de Ingeniería, 2014.

135 Consejo Nacional de Investigación y Academia Nacional de Ingeniería, 2014, pág. 75.

136 Bernhard Sehm y Patrick Ragert, “Por qué la estimulación cerebral no invasiva no debería utilizarse en servicios militares y de seguridad”, Frontiers in Human Neuroscience, vol. 7, septiembre de 2013.

137 Este punto se destaca en Moreno, 2012, p. 199.

138 Consejo Nacional de Investigaciones y Academia Nacional de Ingeniería, 2014, pág. 74; Moreno, 2012, pág. 156.

139 Sehm y Ragert, 2013; MN Tennison y JD Moreno, “Neurociencia, ética y seguridad nacional: el estado del arte”, PLoS Biology, vol. 10, 2012.

140 Consejo Nacional de Investigaciones y Academia Nacional de Ingeniería, 2014, pág. 53.

141 K. Brukamp y D. Gross, “Neuroenhancement—A Contro-versial Topic in Contemporary Medical Ethics”, en Contemporary Issues in Bioethics, DPA Clark, ed., Rijeka, Croacia: InTech, 2012, pág. 48. En Artificial You: AI and the Future of Your Mind, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2019, Susan Schneider aborda consideraciones filosóficas más amplias en torno a la identidad humana y los conceptos futuros de “fusión mente-máquina”.

142 Marcello Ienca y Roberto Andorno, “Hacia nuevos derechos humanos en la era de la neurociencia y la neurotecnología”, Life Sciences, Society and Policy, vol. 13, núm. 5, 2017.

143 J. Brunelin, J. Levasseur-Moreau y S. Fecteau, “¿Es ético?” ¿Es seguro utilizar la estimulación cerebral no invasiva como dispositivo de mejora cognitiva y motora para los servicios militares? Una respuesta a Sehm y Ragert”, Frontiers in Human Neuroscience, vol. 7, 2013.

144 Corrales, 2018.

145 “Ética y sistemas de armas autónomos: ¿una base ética para el control humano?”, Comité Internacional de la Cruz Roja, abril de 2018.

146 Cantante, 2009, pág. 408.

147 Directiva 3000.09 del Departamento de Defensa, Autonomía en los sistemas de armas, 21 de noviembre de 2012; “Un toque humano: Armas autónomas, Directiva 3000.09 del Departamento de Defensa y la interpretación de los 'niveles apropiados de juicio humano sobre el uso de la fuerza'”, en N. Bhuta, S. Beck, R. Geiβ, H. Liu y C. Kreβ, eds., Auton-omous Weapons Systems: Law, Ethics, Policy, Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 2016, págs. 185-208.

148 “Ética y sistemas de armas autónomos: ¿Una base ética para el control humano?”, 2018.

149 Heather M. Roff y Richard Moyes, “Meaningful Human Control, Artificial Intelligence and Autonomous Weapons”, documento informativo preparado para la Reunión informal de expertos sobre sistemas de armas autónomas letales, Convención de las Naciones Unidas sobre ciertas armas convencionales, abril de 2016.

150 Carl Governale, “Las interfaces cerebro-computadora están cambiando las reglas del juego”, Real Clear Defense, 31 de agosto de 2017.

151 Peter W. Singer, entrevista sobre la seguridad nacional y el futuro de la guerra, CSPAN, 18 de marzo de 2018, 5:02 a. m. a 7:00 a. m. EDT; Megan Eckstein, “Entrevista: Contralmirante Mike Manazir sobre cómo tejen las nuevas redes de exterminio de la Armada”, USNI News, 3 de octubre de 2016.

152 Stockdale Center on Ethical Leadership, Academia Naval de Estados Unidos, “New Warriors and New Weapons: The Ethical Ramifications of Emerging Military Technologies”, informe de la conferencia McCain de 2010, Annapolis, Maryland, 23 de abril de 2010, citado en Moreno, 2012, págs. 150-151.

153 La unión temporoparietal derecha; Consejo Nacional de Investigación y Academia Nacional de Ingeniería, 2014, pág. 77.

154 Consejo Nacional de Investigaciones y Academia Nacional de Ingeniería, 2014, pág. 77.

155 Ash Carter, “Estados Unidos necesita alinear la tecnología con un propósito público”, Revista Belfer Center for Science and International Affairs, 25 de noviembre de 2018.

156 Army Capabilities Integration Center, The Megacity: Operational Challenges for Force 2025 and Beyond, Plan de estudio futuro del Jefe del Estado Mayor del Ejército, Washington, DC: Departamento de Cuartel General del Ejército, 2014, citado en Gian Gentile, David E. Johnson, Lisa Saum-Manning, Raphael S. Cohen, Chara Williams, Carrie Lee, Michael Shurkin, Brenna Allen, Sarah Soliman y James L. Doty III, Reimagining the Character of Urban Operations for the US Army: How the Past Can Inform the Present and Future, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, RR-1602-A, 2017.

157 Sur, 2018b; Gidget Fuentes, “Los marines experimentan con nuevos conceptos tecnológicos para el campo de batalla urbano”, USNI News, 26 de marzo de 2018.

158 Estado Mayor Conjunto de los Estados Unidos, Operaciones urbanas conjuntas, publicación conjunta 3-06, Washington, DC, 20 de noviembre de 2013, págs. vii–viii, citado en Gentile et al., 2017, pág. 14.

159 Robert K. Yin, Investigación de estudios de casos: diseño y métodos, 2.ª ed., Thousand Oaks, California: Sage Publishing, 1994, págs. 38-39.

160 Por el contrario, si el juego no hubiera apoyado la hipótesis, sólo se habría rechazado la versión maximalista de la hipótesis, es decir, que la BCI podría no ser útil en todos los contextos, pero podría ofrecer suficiente utilidad en áreas seleccionadas como para que valga la pena invertir en ella. Sin embargo, en esta etapa de la exploración consideramos que la evidencia sobre los casos en los que una tecnología podría no ser apropiada probablemente sería muy valiosa para establecer expectativas razonables.

161 Estado Mayor Conjunto de los Estados Unidos, Operaciones conjuntas, Publicación conjunta 3-0, Washington, DC, 17 de enero de 2017, págs. xiii–xix.

Machine Translated by Google

Referencias

Ackerman, Elliot, “Reaprendiendo las tácticas de las tropas de asalto: la batalla de Faluya”, Marine Corps Gazette, septiembre de 2006.

Andrews, L., y J. MacDonald, “Cinco costos de la innovación militar”, War on the Rocks, 18 de febrero de 2016.

Aratani, Lori, “Funcionarios revelan nuevo sistema de reconocimiento facial en el Aeropuerto Internacional Dulles”, Washington Post, 7 de septiembre de 2011. 2018.

Centro de Integración de Capacidades del Ejército, La megaciudad: desafíos operativos para Force 2025 y más allá, Plan de estudio futuro del Jefe de Estado Mayor del Ejército, Washington, DC: Cuartel General del Departamento del Ejército, 2014.

Atherton, Kelsey, “Un rastreador de drones dedicado ahora puede detectar enjambres de robots”, C4ISR.net, 20 de septiembre de 2018.

Beall, A., “Los drones que vuelan usando control mental: enjambres de vehículos aéreos no tripulados desarrollados para el ejército estadounidense podrían ser guiados por ondas cerebrales”, Daily Mail, 19 de julio de 2016.

Berger, H. "Ueber das Elektroenkephalogramm des Menschen", Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, vol. 87, 1929, págs. 527–570.

Bonizzato, Marco, Galyna Pidpruzhnykova, Jack Digiovanna, Polina Shkorbatova, Natalia Pavlova, Silvestro Micera y Grégoire Courtine, “La modulación controlada por el cerebro de los circuitos espinales mejora la recuperación de las lesiones de la médula espinal”, Nature Communications, vol. 9, n.º 1, 2018, pág. 3015.

Página de inicio de BRAIN Initiative, sin fecha. A partir del 4 de mayo de 2020: http://www.braininitiative.org/

———, “Grupo de trabajo sobre neuroética”, página web, sin fecha-b. A partir de 23 de febrero de 2020: https://braininitiative.nih.gov/about/neuroethics-working-group

Broad, William J., “Las armas de microondas son las principales sospechosas de los males de los trabajadores de la embajada de Estados Unidos”, New York Times, 1 de septiembre de 2018.

Brukamp, K., y D. Gross, “Mejora neurológica: un tema controvertido en la ética médica contemporánea”, en Contemporary Issues in Bioethics, DPA Clark, ed., Rijeka, Croacia: InTech, 2012.

Brunelin, J., J. Levasseur-Moreau y S. Fecteau, “¿Es ético y seguro utilizar la estimulación cerebral no invasiva como dispositivo de mejora cognitiva y motora para los servicios militares? Una respuesta a Sehm y Ragert”, Frontiers in Human Neuroscience, vol. 7, 2013, pág. 874.

Carpenter, Julie, Cultura e interacción humano-robot en espacios militarizados: una historia de guerra, Abingdon, Reino Unido: Routledge, 2016.

Carpenter, Murray, “Dentro del loco laboratorio donde el ejército añade cafeína a sus raciones”, Wired, 14 de marzo de 2014.

Carter, Ash, “Estados Unidos necesita alinear la tecnología con un propósito público”, Revista del Centro Belfer para la Ciencia y Asuntos Internacionales, 25 de noviembre de 2018.

Cebul, Daniel, “DARPA quiere conectar cerebros humanos y máquinas”, TechWatch, 19 de marzo de 2018.

Center for New American Security, “Future of Warfare”, sitio web, sin fecha. Al 8 de enero de 2019: https://www.cnas.org/research/future-of-warfare

Chen, S., “‘Olvídense de la filtración de Facebook’: China está extrayendo datos directamente de los cerebros de los trabajadores a escala industrial”, South China Morning Post, 29 de abril de 2018.

Director de Información, “Recomendaciones de políticas del Departamento de Defensa para la Internet de las cosas (IoT)”, Departamento de Defensa de los EE. UU., Washington, DC, 2016.

Consejo de Ciencia y Tecnología de Chicago, artículo de blog “¿Qué es la Iniciativa BRAIN?”, 24 de septiembre de 2015. A partir del 5 de mayo de 2015. 2020:

https://www.c2st.org/what-is-the-brain-initiative/

Alianza de Tecnología Colaborativa de Cognición y Neuroergonomía, “Visión”, página web, sin fecha. A partir del 4 de mayo de 2020: https://www.cancta.net//vision.shtml

———, “Alianza tecnológica colaborativa de cognición y neuroergonomía, agosto de 2010”, diapositivas informativas para los laboratorios de investigación del ejército de EE. UU. y el Comando de investigación, desarrollo e ingeniería, agosto de 2010.

Comité de Metodología Militar y de Inteligencia para la Investigación Emergente en Ciencias Neuropsicológicas y Cognitivas en las Próximas Dos Décadas, Neurociencia Cognitiva Emergente y Tecnologías Relacionadas, Washington, DC: The National Academies Press, 2008.

Condliffe, Jamie, “Grandes inversores apuestan por las nuevas empresas chinas de reconocimiento facial”, New York Times, 24 de julio de 2018.

Connable, Ben, Michael J. McNerney, William Marcellino, Aaron Frank, Henry Hargrove, Marek N. Posard, S. Rebecca Zimmerman, Natasha Lander, Jasen J. Castillo, James Sladden, Anika Binnendijk, Elizabeth M. Bartels, Abby Doll, Rachel Tecott, Benjamin J. Fernandes, Niklas Helwig, Giacomo Persi Paoli, Krystyna Marcinek y Paul Cornish, Voluntad de luchar: Volviendo a los fundamentos humanos de la guerra, Santa Mónica, California: RAND Corporation, RB-10040-A, 2019. Al 8 de mayo de 2020:

https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB10040.html

Corrigan, Jack, “El Pentágono quiere llevar tecnología controlada mentalmente a las tropas”, Nextgov.com, 17 de julio de 2018. Al 8 de mayo de 2020: https://www.nextgov.com/emerging-tech/2018/07/pentagon-wants-bring-mind-controlled-tech-troops/149776/

Cox, Matthew, “El ejército quiere tecnología de aviación autónoma. Pero, ¿confían en él los pilotos?” Military.com, 6 de septiembre de 2018.

Cuomo, Scott, “El 'ángel guardián' del secretario Mattis y cómo la aviación del Cuerpo de Marines puede volver al objetivo”, War on the Rocks, 20 de julio de 2017.

Cutter, Patrick, “La forma de las cosas por venir: los beneficios militares de la interfaz cerebro-computadora en 2040”, informe de investigación para la Maestría en Artes y Ciencias Operacionales, Base de la Fuerza Aérea Maxwell, Alabama, abril de 2015.

DARPA—Véase Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa.

Dearen, J., “Los drones controlados mentalmente avanzan hacia el futuro”, Prensa asociada, 2016.

DeCostanza, Arwen H., Amar R. Marathe, Addison Bohannon, A. William Evans, Edward T. Palazzolo, Jason S. Metcalfe y Kaleb McDowell, “Mejorar el trabajo en equipo entre humanos y agentes con tecnologías adaptativas individualizadas: un debate sobre cuestiones científicas críticas”, Dirección de Investigación e Ingeniería Humana, Laboratorio de Investigación del Ejército, mayo de 2018.

Machine Translated by Google

Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, “Programa de Diseño de Sistemas de Ingeniería Neural (NESD)”, comunicado de prensa, 19 de enero de 2015. Al 5 de mayo de 2020: https://www.darpa.mil/news-events/2015-01-19

———, “Impulsar la plasticidad sináptica para acelerar el aprendizaje”, comunicado de prensa, 16 de marzo de 2016. Al 4 de mayo de 2020: https://www.darpa.mil/news-events/2016-03-16

———, “Hacia una interfaz neuronal implantable de alta resolución”, comunicado de prensa, 10 de julio de 2017.

———, “Avances en la búsqueda del desarrollo de una prótesis de memoria humana”, comunicado de prensa, 28 de marzo de 2018.

———, “N3 Proposers Day”, comunicado de prensa, 3 de abril de 2018.

Directiva 3000.09 del Departamento de Defensa, Autonomía en los sistemas de armas, 21 de noviembre de 2012.

Dockril, P., “El ejército de Estados Unidos está trabajando en tecnología que podría convertir a los soldados en cyborgs”, Science Alert, 22 de enero de 2016.

Drummond, Katie, “El Pentágono prepara un programa de telepatía para soldados”, Wired, 14 de mayo de 2009.

Eckstein, Megan, “Entrevista: Contralmirante Mike Manazir sobre cómo tejen las nuevas redes de exterminio de la Marina”, USNI News, 3 de octubre de 2008. 2016.

Eliason, William, “An Interview with Robert Work”, Joint Force Quarterly 84, 26 de enero de 2017. Al 6 de mayo de 2020: https://ndupress.ndu.edu/Media/News/Article/1038783/an-interview-with-robert-o-work/

Emondi, Al, “Diseño de sistemas de ingeniería neuronal (NESD)”, Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, página web, sin fecha. A partir del 7 de mayo de 2020: https://www.darpa.mil/program/neural-engineering-system-design

Etherington, Darrell, “Elon Musk pronto podría compartir más sobre su Plan para ayudar a los humanos a mantenerse al día con la IA”, TechCrunch, 25 de enero de 2018. 2017.

Flesher, SN, JL Collinger, ST Foldes, JM Weiss, JE Downey, EC Tyler-Kabara, SJ Bensmaia, AB Schwartz, M. L. Boninger y RA Gaunt, “Microestimulación intracortical de la corteza somatosensorial humana”, Science Translational Medicine, vol. 8, 19 de octubre de 2016.

Fox, Douglas, “Las células cerebrales se comunican con pulsos mecánicos, no con señales eléctricas”, Scientific American, 1 de abril de 2018.

Freedberg, Sydney, “Centaur Army: Bob Work, Robotics, and the Third Offset Strategy”, blog Breaking Defense, 2015.

———, “Iron Man, no Terminator: la ciencia ficción del Pentágono” Inspiraciones”, blog Breaking Defense, 3 de mayo de 2016.

Freedman, Lawrence, El futuro de la guerra: una historia, Nueva York: Hachette Book Group, 2017.

Fuentes, Gidget, “Los marines experimentan con nuevos conceptos tecnológicos para el campo de batalla urbano”, USNI News, 26 de marzo de 2018. Al 14 de mayo de 2020: https://news.usni.org/2018/03/26/marines-experiment-new-technology-concepts-urban-battlefield

Gentile, Gian, David E. Johnson, Lisa Saum-Manning, Raphael S. Cohen, Chara Williams, Carrie Lee, Michael Shurkin, Brenna Allen, Sarah Soliman y James L. Doty III, Reimaginando el carácter de las operaciones urbanas para el ejército de los EE. UU.: cómo el pasado puede informar el presente y el futuro, Santa Mónica, California: RAND Corporation, RR-1602-A, 2017. Al 5 de mayo de 2020: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1602.html

Governale, Carl, “Las interfaces cerebro-computadora son un punto de inflexión”, Real Clear Defense, 31 de agosto de 2017.

Gross, Michael Joseph, “El esfuerzo del Pentágono para programar los cerebros de los soldados”, The Atlantic, noviembre de 2018.

Grove, Thomas, Julian Barnes y Drew Hinshaw, “Rusia apunta a los teléfonos inteligentes de los soldados de la OTAN, dicen funcionarios occidentales”, Wall Street Journal, 4 de octubre de 2017.

Hajinoroozi, M., Z. Mao y Y. Huang, “Predicción de los estados de somnolencia y alerta del conductor a partir de señales EEG con aprendizaje profundo”, Sexto Taller Internacional IEEE 2015 sobre Avances Computacionales en Procesamiento Adaptativo Multisensorial (CAMSAP), Cancún, 13 al 16 de diciembre de 2015, págs. 493–496.

Hampson, RE, D. Song, BS Robinson, D. Fetterhoff, AS Dakos, BM Roeder, X. She, RT Wicks, MR Witcher, DE Couture, AW Laxton, H. Munger-Clary, G. Popli, MJ Soliman, CT Whitlow, VZ Marmarelis, TW Berger y SA Deadwyler, “Desarrollo de una prótesis neuronal hipocampal para facilitar la codificación y el recuerdo de la memoria humana”, Journal of Neural Engineering, vol. 15, n.º 3, junio de 2018.

Hatmaker, T., “DARPA otorga 65 millones de dólares para desarrollar la interfaz cerebro-computadora bidireccional perfecta y diminuta”, TechCrunch, 10 de julio de 2017.

“Cómo se pueden piratear dispositivos médicos como marcapasos y bombas de insulina”, CBS News, 8 de noviembre de 2018.

Laboratorio de Control y Robótica Orientada al Ser Humano, “Proyecto de investigación 1: Interacción cerebro-enjambre e interfaces de control”, Universidad de Delaware, página web, sin fecha. Al 6 de mayo de 2020: https://sites.udel.edu/horclab/research-bsi/

Husain, Amir, Hiperguerra: conflicto y competencia en el siglo de la IA, Austin, Texas: SparkCognition, 2018.

Ienca, Marcello y Roberto Andorno, “Hacia nuevos derechos humanos en la era de la neurociencia y la neurotecnología”, Life Sciences, Society and Policy, vol. 13, núm. 5, 2017.

Comité Internacional de la Cruz Roja, “Ética y sistemas de armas autónomos: ¿una base ética para el control humano?”, abril de 2018.

Jiang, L., A. Stocco, DM Losey, JA Abernethy, CS Prat y RPN Rao, “BrainNet: una interfaz cerebro a cerebro de múltiples personas para la colaboración directa entre cerebros”, Scientific Reports, vol. 9, 2019, pág. 6115.

Kania, Elsa, “Singularidad del campo de batalla: inteligencia artificial, revolución militar y el futuro poder militar de China”, Centro para la Nueva Seguridad Estadounidense, noviembre de 2017.

Karavas, George, Daniel T. Larsson y Panagiotis Artemiadis, “Una interfaz híbrida cerebro-máquina para el control de enjambres robóticos: resultados preliminares”, Conferencia internacional IEEE/RSJ 2017 sobre robots y sistemas inteligentes (IROS), Vancouver, Canadá, 24 al 28 de septiembre de 2017, págs. 5065–5075.

Kharpal, A., “Elon Musk: Los humanos deben fusionarse con las máquinas o volverse irrelevantes en la era de la IA”, CNBC Tech Transformers, 13 de febrero de 2017.

Machine Translated by Google

Kiser, Aaron, Jacob Hess, Mostafa El Bouhafa y Shawn Williams, “La nube de combate: habilitación del comando y control multidominio en toda la gama de operaciones militares”, Air Command and Staff College, Air University, Maxwell Air Force Base, Alabama, marzo de 2017.

Krucoff, MO, S. Rahimpour, MW Slutzky, VR Edgerton y DA Turner, “Mejora de la recuperación del sistema nervioso mediante neurobiología, entrenamiento de interfaz neuronal y neurorrehabilitación”, Frontiers in Neuroscience, vol. 10, diciembre de 2016, pág. 584. Al 5 de mayo de 2020: https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00584

Kryger, M., B. Wester, EA Pohlmeyer, M. Rich, B. John, J. Beaty, M. McLoughlin, M. Boninger y EC Tyler-Kabara, “Simulación de vuelo utilizando una interfaz cerebro-computadora: un estudio piloto”, Experimental Neurology, vol. 287, 2017, págs. 473–478.

Langleben, DD, J. Loughead, WB Bilker, K. Ruparel, A. Childress, SI Busch y R. Gur, “Decir la verdad de la mentira en sujetos individuales con fMRI relacionada con eventos rápidos”, Human Brain Mapping, vol. 26, n.º 4, diciembre de 2005, págs. 262-272.

Lester, Jim y Russell Vieira, “US Air Force Combat Cloud Operating Concept”, marzo de 2016, citado en Aaron Kiser, Jacob Hess, Mostafa El Bouhafa y Shawn Williams, The Combat Cloud: Multidomain Command and Control Across the Range of Military Operations, Escuela de Comando y Estado Mayor Aéreo, Universidad del Aire, Base de la Fuerza Aérea Maxwell, Alabama, marzo de 2017.

Machi, V., “Internet de las cosas para proporcionar inteligencia para la guerra urbana”, Defensa Nacional, 22 de enero de 2018a.

———, “La Fuerza Aérea quiere plataformas construidas con la conectividad en mente”, Defensa Nacional, 23 de febrero de 2018b.

Publicación de guerra del Cuerpo de Marines 12-1-B.1, Operaciones militares en terreno urbano (MOUT), Washington, DC: Cuartel general del Cuerpo de Marines de EE. UU., 2 de mayo de 2016.

Marler, Tim, “La propiedad intelectual estadounidense”, Real Clear Defense, 19 de diciembre de 2017.

McClure-Begley, Tristan, “Restoring Active Memory”, Defense Advanced Research Projects Agency, página web, sin fecha a. Al 5 de mayo de 2020: https://www.darpa.mil/program/restoring-active-memory

———, “Entrenamiento de neuroplasticidad dirigida (TNT)”, Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa, página web, sin fecha b. Al 14 de mayo de 2020: https://www.darpa.mil/program/targeted-neuroplasticity-training

McGee, Ellen M., y GQ Maguire, Jr., “Evaluación ética de chips cerebrales implantables”, artículo presentado en el XX Congreso Mundial de Filosofía, Boston, Massachusetts, del 10 al 15 de agosto de 2008. 1998.

Mehta, Aaron, “El trabajo describe los pasos clave en el desarrollo de tecnología de tercer desplazamiento”, Defense News, 14 de diciembre de 2015.

Mola, Roger, “Super Helmet: F-35 Pilots Get X-Ray Vision and Other Magic Powers”, Revista Air & Space, septiembre de 2017.

Moore, Samuel, “Una red inalámbrica acerca los implantes cerebrales del tamaño de polvo a un paso más”, IEEE Spectrum, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 14 de mayo de 2019.

Moreno, Jonathan, Mind Wars: La ciencia del cerebro y el ejército en el siglo XXI, Nueva York: Bellevue Literary Press, 2012.

Laboratorio de sistemas multirrobot, Universidad de Boston, hoja informativa sobre la interfaz de enjambre cerebral (BSI), sin fecha. A fecha del 8 de mayo de 2020: http://sites.bu.edu/msl/research/brain-swarm-interface-bsi/

Nakashima, Ellen y Paul Sonne, “China hackeó a un contratista de la Armada y obtuvo un tesoro de datos altamente sensibles sobre la guerra submarina”, Washington Post, 8 de junio de 2018.

Nam, CS, A. Nijholt y F. Lotte, Manual de interfaces cerebro-computadora, Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2018.

Nash, Jim, “En la niebla de la batalla, los sensores acústicos localizan los disparos midiendo el movimiento del aire”, Scientific American, 30 de abril de 2013.

Consejo Nacional de Investigación y Academia Nacional de Ingeniería, Tecnologías emergentes y fácilmente disponibles y seguridad nacional: un marco para abordar cuestiones éticas, legales y sociales, Washington, DC: The National Academies Press, 2014.

Nelson, J., RA McKinley, C. Phillips, L. McIntire, C. Goodyear, A. Kreiner y L. Monforton, “Los efectos de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) en la capacidad de rendimiento multitarea”, Frontiers in Human Neuroscience, 29 de noviembre de 2016.

Niemela, L., “¿Qué es lo que le da el ‘asco’ al ‘factor asco’?” Bioética, Vol. 25, No. 5, junio 2011, págs. 267–279.

Pais-Vieira, M., M. Lebedev, C. Kunicki, J. Wang y MAL Nicolelis, “Una interfaz de cerebro a cerebro para compartir información sensoriomotora en tiempo real”, Scientific Reports, vol. 3, 2013.

Pandarinath, Chethan, Paul Nuyujukian, Christine H. Blabe, Brittany L. Sorice, Jad Saab, Francis R. Willett, Leigh R. Hochberg, Krishna V. Shenoy y Jaimie M. Henderson, “Comunicación de alto rendimiento para personas con parálisis mediante una interfaz cerebro-computadora intracortical”, eLife, vol. 6, 21 de febrero de 2017.

Paradromics, página de inicio, sin fecha. A fecha del 7 de mayo de 2020: https://paradromics.com/

———, “Un nuevo paradigma en la grabación neuronal”, comunicado de prensa, 7 de enero de 2020.

Parman, M., “El brazo robótico avanza hacia el éxito”, Johns Hopkins News-Letter, 31 de enero de 2013.

Pohlmeyer, Eric A., M. Fifer, M. Rich, J. Pino, B. Wester, M. Johannes, C. Dohopolski, J. Helder, D. D'Angelo, J. Beaty, S. Bensmaia, M. McLoughlin y F. Tenore, “Más allá del control antropomórfico intuitivo: logros recientes utilizando tecnologías de interfaz cerebro-computadora”, en T. George, AK Dutta y S. Islam, eds., Sensores, sistemas y aplicaciones de micro y nanotecnología IX, Actas de SPIE (Sociedad de Ingenieros de Instrumentación Fotoóptica), 2017.

Pomerleau, Mark, “La tercera estrategia de compensación del Departamento de Defensa: lo que el hombre y la máquina pueden hacer juntos”, Defense Systems, 4 de mayo de 2016.

———, “Cómo la inteligencia artificial pasó de ser una ventaja a una Amenaza mundial”, C4isr.net, 4 de abril de 2018.

“El sistema de memoria protésica funciona con éxito en humanos” Neuroscience News, vol. 15, 28 de marzo de 2018.

Rao, RPN, A. Stocco, M. Bryan, D. Sarma, TM Youngquist, J. Wu y CS Prat, “Una interfaz directa de cerebro a cerebro en humanos”, PLOS ONE, vol. 9, n.º 11, 5 de noviembre de 2014.

Rauhala, Emily y Carol Morello, “El Departamento de Estado advierte a ciudadanos estadounidenses en China después de que un empleado sufriera un posible ataque sónico”, Washington Post, 23 de mayo de 2018.

Machine Translated by Google

Reardon, Sara, “Implantes cerebrales para trastornos del estado de ánimo probados en personas”, Nature, vol. 551, 30 de noviembre de 2017, pág. 549.

Regalado, A., “Revertir la parálisis”, MIT Tech Review, 22 de febrero de 2017.

Roberts, Peter, “El futuro entorno operativo de los conflictos hasta 2030”, Royal United Services Institute, Occasional Papers, 3 de junio de 2019.

“Estrategia de sistemas robóticos y autónomos”, Cuartel General, Departamento del Ejército, Washington, DC, marzo de 2017.

Roff, Heather M., y Richard Moyes, “Control humano significativo, inteligencia artificial y armas autónomas”, documento informativo preparado para la Reunión informal de expertos sobre sistemas de armas autónomas letales, Convención de las Naciones Unidas sobre ciertas armas convencionales, abril de 2016.

Salazar-Gomez, AF, J. Del Preto, S. Gil, FH Guenther y D. Rus, “Corrección de errores de robots en tiempo real utilizando señales EEG”, Conferencia internacional IEEE sobre robótica y automatización (ICRA) de 2017, Singapur, julio de 2017, págs. 6570–6577.

Samuel, S., “Facebook está desarrollando tecnología para leer tu mente. Las implicaciones éticas son asombrosas”, Vox, 5 de agosto de 2019.

Saproo, S., J. Faller, V. Shih y P. Sajda, “Computación acoplada corticalmente: un nuevo paradigma para la interacción sinérgica entre humanos y máquinas”, Computer, vol. 45, septiembre de 2016.

Saxon, D., “Un toque humano: armas autónomas, directiva 3000.09 del Departamento de Defensa y la interpretación de los 'niveles apropiados de juicio humano sobre el uso de la fuerza'”, en N. Bhuta, S. Beck, R.
Geiß, H. Liu y C. Kreß, eds., Sistemas de armas autónomas: derecho, ética, política, Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 2016, págs. 185–208.

Scharre, Paul, Army of None: Armas autónomas y el futuro de la guerra, Nueva York: WW Norton & Company, 2018.

Schneider, Susan, Tú artificial: IA y el futuro de tu mente, Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press, 2019.

Sehm, Bernhard y Patrick Ragert, “Por qué la estimulación cerebral no invasiva no debería utilizarse en los servicios militares y de seguridad”, Frontiers in Human Neuroscience, vol. 7, septiembre de 2013, pág. 553.

Shachman, Noah, “Las computadoras lectoras de mentes del Pentágono se replican”, Wired, 18 de marzo de 2008.

Sherman, Jason, “El Departamento de Defensa revela áreas tecnológicas que impulsarán la 'tercera compensación' en inversiones y experimentación”, Inside Defense, 9 de diciembre de 2015.

El cantante Peter W., aparición en Seguridad Nacional y el Futuro de la Guerra, CSPAN, 18 de marzo de 2018.

———, Conectados para la guerra: la revolución robótica y el conflicto en El siglo XXI, Nueva York: Penguin Press, 2009.

“Mensajes de texto siniestros revelan un frente de alta tecnología en la guerra de Ucrania” Noticias Voice of America, 11 de mayo de 2017.

Snow, Shawn, “Mejorar el Grunt: Nueva tecnología sofisticada significa mayor responsabilidad, carga más pesada”, Marine Corps Times, marzo de 2018a.

———, “Tierra de nadie: cómo las nuevas tácticas y los robots impulsarán “Los marines se involucran más en la lucha”, Marine Corps Times, 8 de agosto de 2018b.

South, Todd, “Las tácticas de enjambre de drones se ponen a prueba para que la infantería las utilice en el espacio de batalla urbano”, Army Times, 8 de enero de 2018a.

———, “El campo de batalla del futuro: el ejército y los marines se preparan para Lucha “masiva” en las megaciudades”, Military Times, 6 de marzo de 2018b. Al 14 de mayo de 2020:
https://www.militarytimes.com/news/your-army/2018/03/06/
El ejército del futuro en el campo de batalla: los marines se preparan para combates masivos en megaciudades

Stanford Medicine News Center, “Brain-Computer Interface Advance Allows Fast, Accurate Typing by People with Paralysis”, comunicado de prensa, 21 de febrero de 2017. Al 4 de mayo de 2020: https://med.stanford.edu/news/all-news/2017/02/brain-computer-interface-allows-fast-accurate-typing-by-people-with-paralysis.html

Statt, N., “Kernel está intentando hackear el cerebro humano, pero la neurociencia tiene un largo camino por recorrer”, The Verge, 22 de febrero de 2017a.

———, “Elon Musk lanza Neuralink, una empresa para fusionar las Cerebro humano con IA”, The Verge, 27 de marzo de 2017b.

Stevenson, IH, y KP Kording, “Cómo los avances en el registro neuronal afectan el análisis de datos”, Nature Neuroscience, vol. 14, 2011, págs. 139-142.

Centro Stockdale sobre Liderazgo Ético, Academia Naval de Estados Unidos, “Nuevos guerreros y nuevas armas: Las ramificaciones éticas de las tecnologías militares emergentes”, informe de la conferencia McCain de 2010, Annapolis, Maryland, 23 de abril de 2010.

Stockton, Nick, “Una mujer controla un simulador de avión de combate usando solo su mente”, Wired, 5 de marzo de 2015.

Stone, Adam, “La Internet de las cosas del campo de batalla dependerá de redes modernizadas”, C4ISR.net, 3 de agosto de 2018.

Tadjdeh, Y., “Las 10 principales necesidades tecnológicas de SOCOM: biotecnología”, Defensa Nacional, mayo 2018.

Tennison, MN, y JD Moreno, “Neurociencia, ética y seguridad nacional: el estado del arte”, PLoS Biology, vol. 10, 2012.

“Miles de suecos están insertando microchips bajo sus Piel”, National Public Radio, All Things Considered, 22 de octubre de 2008. 2018.

Tucker, Patrick, “La telepatía real es un paso más cerca del campo de batalla”, Defense One, 2 de septiembre de 2014.

———, “Los militares están alterando los límites del desempeño humano”, The Atlantic, 14 de julio de 2017.

Estado Mayor Conjunto de los Estados Unidos, Operaciones urbanas conjuntas, publicación conjunta 3-06, Washington, DC, 20 de noviembre de 2013.

———, Operaciones Conjuntas, Publicación Conjunta 3-0, Washington, DC, 17 de enero de 2017.

Van Gieson, Eric, “Electrical Prescriptions (ElectRx)”, Defense Advanced Research Projects Agency, sitio web, sin fecha. Al 26 de agosto de 2019: https://www.darpa.mil/program/electrical-prescriptions

Vidal, JJ, “Hacia la comunicación directa cerebro-computadora”, Revista anual de biofísica y bioingeniería, vol. 2, 1973, págs. 157-180.

———, “Mañana Soldado: El Ejército está alterando los límites de Rendimiento humano”, Defense One, 12 de julio de 2017.

Waldert, Stephan, “Señales neuronales invasivas y no invasivas para interfaces cerebro-máquina: ¿una prevalecerá?”, Frontiers in Neuroscience, vol. 10, 27 de junio de 2016, pág. 295.

Machine Translated by Google

Wang, Brian, “El exoesqueleto de operaciones especiales TALOS en la actualidad y planes para las divisiones de exoesqueleto en la década de 2030”, nextBIG Future, 5 de noviembre de 2018.

Weisgerber, M., “Una Fuerza Aérea con poco personal quiere que los robots hagan más trabajos humanos”, Defense One, 2017.

West, Bing, “Urban Warfare, Then and Now”, The Atlantic, 30 de junio de 2018. Al 14 de mayo de 2020: https://www.theatlantic.com/international/archive/2017/06/urban-warfare-hue-mosul/532173/

Winkler, John D., Timothy Marler, Marek N. Posard, Raphael S. Cohen y Meagan L. Smith, Reflexiones sobre el futuro de la guerra y sus implicaciones para las políticas de personal del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, Santa Mónica, California: RAND Corporation, PE-324-OSD, 2019. Al 7 de mayo de 2020: https://www.rand.org/pubs/perspectives/PE324.html

Machine Translated by Google

Yuan, Peng, Yijun Wang, Lian Gao, Tzyy-Ping Jung y Xiaorong Gao, “Una interfaz colaborativa cerebro-computadora para acelerar la toma de decisiones humanas”, en C. Stephanidis y M. Antona, eds., Acceso universal en la interacción hombre-computadora: métodos de diseño, herramientas y técnicas de interacción para la eInclusión, Lecture Notes in Computer Science, Berlín: Springer, vol. 8009, 2013, págs. 672–681.

Yin, Robert K., Investigación de estudios de casos: diseño y métodos, 2.ª ed., Thousand Oaks, California: Sage Publishing, 1994.

Yoo, SS, H. Kim, E. Filandrianos, SJ Taghados y S. Park, “Interfaz cerebro-cerebro no invasiva (BBI): establecimiento de vínculos funcionales entre dos cerebros”, PLOS ONE, vol. 8, n.º 4, 2013.

Zhao, H., L. Qiao, D. Fan, S. Zhang, O. Turel, Y. Li, J. Li, G. Xue, A. Chen y Q. He, “Modulación de la actividad cerebral con estimulación transcraneal de corriente directa no invasiva (tDCS): aplicaciones clínicas y preocupaciones de seguridad”, Frontiers in Psychology, vol. 8, 2017, pág. 685.

Acerca de los autores

Anika Binnendijk es politóloga en la Corporación RAND y su investigación se centra en cuestiones de defensa y seguridad nacional, como la toma de decisiones, la tecnología, la modernización de los aliados y la resiliencia nacional. Su experiencia previa incluye su servicio en la Oficina del Secretario de Defensa y en la Oficina de Planificación de Políticas del Departamento de Estado de los EE. UU.

Tim Marler es ingeniero de investigación sénior en RAND Corporation y profesor en la Pardee RAND Graduate School. Su trabajo gira en torno al modelado y la simulación. con un enfoque en optimización multiobjetivo, simuladores de entrenamiento y entornos virtuales, modelado humano digital y tecnología emergente.

Elizabeth M. Bartels es investigadora asociada de políticas y especialista en análisis de políticas de seguridad nacional. Su trabajo explora una amplia gama de cuestiones estratégicas y operativas, con especial atención a los juegos sobre temas novedosos y aquellos que integran otras técnicas analíticas.

Expresiones de gratitud

Agradecemos a Andrew Parasiliti, ex director del Centro de Riesgo y Seguridad Global de RAND, por su apoyo a través de la iniciativa CGRS Security 2040. Nuestros asesores principales, John Plumb y Rand Waltzman, nos brindaron valiosos consejos y comentarios durante las primeras fases del proyecto. Estamos en deuda con Sonni Efron por sus valiosas correcciones, con Matt DeNardo por su revisión exhaustiva y sus comentarios, y con Robin Meili por guiar nuestro trabajo desde el borrador hasta la publicación. También agradecemos a nuestros revisores, Joel Predd, ingeniero principal y director del Centro de Política Tecnológica y de Adquisiciones de la División de Investigación de Seguridad Nacional de RAND Corporation; Eric A. Pohlmeyer, investigador principal del Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad Johns Hopkins; y Paul Scharre, miembro principal y director del Programa de Tecnología y Seguridad Nacional del Centro para una Nueva Seguridad Estadounidense, por sus ideas y comentarios.

Machine Translated by Google

Machine Translated by Google

Acerca de este informe

Este informe analiza la utilidad operativa y las consideraciones de política de la posible aplicación futura de las tecnologías de interfaz cerebro-computadora en el combate militar. Este informe forma parte de un esfuerzo más amplio, una iniciativa de RAND Ventures, para prever los desafíos críticos de seguridad en el mundo de 2040, considerando los efectos de las tendencias políticas, tecnológicas, sociales y demográficas que darán forma a esos desafíos de seguridad en las próximas décadas. La investigación se llevó a cabo en el Centro RAND para Riesgo y Seguridad Global.

El Centro RAND para el Riesgo y la Seguridad Global

El Centro de Riesgo y Seguridad Global trabaja en toda la Corporación RAND para desarrollar investigaciones multidisciplinarias y análisis de políticas que aborden los riesgos sistémicos para la seguridad global. El centro aprovecha la experiencia de RAND para complementar y ampliar la investigación de RAND en muchos campos, incluidos la seguridad, la economía, la salud y la tecnología. Una junta de distinguidos líderes empresariales, filántropos y ex formuladores de políticas asesora y apoya las actividades del centro, que se centran cada vez más en las tendencias de seguridad global y el impacto de las tecnologías disruptivas en el riesgo y la seguridad. Para obtener más información sobre el Centro de Riesgo y Seguridad Global de RAND, visite www.rand.org/international/cgrs.

Seguridad 2040

Este informe forma parte de una iniciativa de RAND para prever los desafíos críticos de seguridad en el mundo de 2040, considerando los efectos de las tendencias políticas, tecnológicas, sociales y demográficas que darán forma a esos desafíos de seguridad en las próximas décadas. La investigación se llevó a cabo en el Centro de Riesgo Global de RAND. y Seguridad.

Fondos

La financiación de esta investigación y análisis se obtuvo a través de donaciones de patrocinadores de RAND y de ingresos por operaciones. El apoyo para este proyecto también fue proporcionado, en parte, por las generosas contribuciones del Consejo Asesor del Centro de Riesgo y Seguridad Global (CGRS) de RAND.

La Corporación RAND es una organización de investigación que desarrolla soluciones a los desafíos de políticas públicas para ayudar a que las comunidades de todo el país...
El mundo más seguro y protegido,
más saludable y más próspero.
RAND es una organización sin fines de lucro, no partidista y comprometida con el interés público.

Las publicaciones de RAND no reflejan necesariamente las opiniones de sus clientes de investigación y patrocinadores. es una RAND® marca registrada.

Impresión limitada y electrónica

Derechos de distribución

Este documento y las marcas comerciales que contiene están protegidos por la ley.
Esta representación de la propiedad intelectual de RAND se proporciona únicamente para uso no comercial. Se prohíbe la publicación no autorizada de esta publicación en línea.
Se concede permiso para duplicar este documento sólo para uso personal, siempre que esté inalterado y completo.
Se requiere permiso de RAND para reproducir o reutilizar en otra forma cualquiera de nuestros documentos de investigación.
Para uso comercial. Para información

Para obtener información sobre permisos de reimpresión y enlaces, visite www.rand.org/pubs/permisos.

Para obtener más información sobre esto publicación, visite www.rand.org/t/RR2996.

© 2020 Corporación RAND

www.rand.org

Machine Translated by Google

El Departamento de Defensa ha invertido en el desarrollo de tecnologías que permiten al cerebro humano comunicarse directamente con las máquinas, incluido el desarrollo de interfaces neuronales implantables capaces de transferir datos entre el cerebro humano y el mundo digital.
Esta tecnología, conocida como interfaz cerebro-computadora (BCI, por sus siglas en inglés), puede utilizarse para supervisar la carga de trabajo cognitivo de un soldado, controlar un enjambre de drones o conectarse con una prótesis, entre otros ejemplos. Los avances tecnológicos futuros podrían respaldar la toma de decisiones entre humanos y máquinas, la comunicación entre humanos, el control de sistemas, la mejora y el seguimiento del rendimiento, y la capacitación. Sin embargo, se deben evaluar numerosos problemas de política, seguridad, legales y éticos antes de que la tecnología se implemente ampliamente. Este proyecto desarrolló un juego de seguridad nacional para explorar el uso de BCI en futuros escenarios de combate, convocó a expertos en operaciones militares, rendimiento humano y neurología para explorar cómo la tecnología podría afectar las tácticas militares, qué aspectos pueden ser más beneficiosos y qué aspectos pueden presentar riesgos, y ofreció recomendaciones a los responsables de las políticas. El proyecto buscó evaluar las aplicaciones actuales y potenciales de BCI para el ejército para garantizar que la tecnología responda a las necesidades reales, las realidades prácticas y las consideraciones legales y éticas, además de las intenciones de los desarrolladores.

$24.00

ISBN-10 1-9774-0523-1
ISBN-13 978-1-9774-0523-4
52400
9 781977 405234

www.rand.org

RR-2996-RC

Ver estadísticas de publicación